



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΚΟΦΙΝΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΑΕΜ: 5253

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κωνσταντία Τολίκα



Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2021



Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Κωνσταντία Τολίκα για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξή της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.



Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	5
Η κλιματική αλλαγή.....	5
Γενικά.....	5
Παραδείγματα επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.....	9
Το κλίμα στην Ισπανία.....	11
Η μεταβολή του κλίματος στην Ισπανία.....	15
Εστρεμαδούρα.....	18
Ανδαλουσία.....	20
Καταλονία	22
Γαλικία	24
Χώρα των Βάσκων.....	26
Αραγονία	28
Ναβάρρα & Ριόχα	30
Καντάβρια	32
Καστίλλη και Λεόν.....	33
Βαλενθιάνα.....	36
Βαλεαρίδες Νήσοι.....	38
Κανάρια Νησιά.....	39
Περιοχή της Μαδρίτης & Καστίλλη-Μάντσα.....	41
Μούρθια	43
Αστούριας	46
Μέθοδοι και μηχανισμοί καταπολέμησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.....	49
Μονάδες αφαλάτωσης νερού	49
Κατασκευή παράκτιων υποδομών και μεθόδων	51
Η καλλιέργεια της γης.....	53
Στέγες εκτροπής βρόχινου νερού (Rainout shelters).....	57
Συμπεράσματα	58
Βιβλιογραφία	61

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη εργασία, γίνεται ανάλυση της μεταβολής του κλίματος όπως αυτή διαμορφώνεται στην Ισπανία τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια μίας ευρύτερης παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Σκοπός είναι η ευρύτερη εξαγωγή συμπερασμάτων τόσο για το σύνολο της χώρας όσο και για τις επιμέρους περιοχές.

Στο πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας γίνεται εκτενής αναφορά στην κλιματική αλλαγή. Περιγράφεται πως έχει διαφοροποιηθεί το κλίμα ανά τον κόσμο και τι επηρεάζει αυτό με τη σειρά του. Δίνονται, επίσης, κάποια (επιγραμματικά) παραδείγματα περιοχών του κόσμου, πως σε αυτές διαφοροποιήθηκαν οι κλιματολογικές συνθήκες και με τι αποτελέσματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται το ισπανικό κλίμα. Γίνεται περιγραφή του -κατά τόπους- κλίματος στη χώρα, όπως αυτό διαμορφώνεται στην έως τώρα εποχή και πως αυτό ασκεί επιρροή στα εγχώρια οικοσυστήματα καθώς και στη ζωή και ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινοτήτων.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί το κυρίως θέμα της εργασίας. Παρατίθεται ως μία εκτενής βιβλιογραφική μελέτη, στην οποία αναλύεται πως έχει μεταβληθεί το κλίμα στην Ισπανία, κατά τα τελευταία χρόνια στις διάφορες περιοχές της χώρας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μεγέθη και στοιχεία, όπως το θερμοκρασιακό προφίλ διάφορων περιοχών, τα ύψη βροχοπτώσεων, η κλιματική ιδιαιτερότητα της κάθε περιοχής, η παρουσία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως τυφώνες κ.ά. Πάνω σε αυτό, αναλύεται επίσης, πόσο η κλιματική διαφοροποίηση επηρεάζει στοιχεία όπως η αγροτική παραγωγή, η εντόπια χλωρίδα και πανίδα, οι υδροφόροι ορίζοντες κ.ά. (Εν προκειμένω, θα υπάρξουν -επί μέρους- ενότητες στις οποίες θα γίνεται εκτενέστερη αναφορά ανάλογα τις περιοχές και τις ιδιαιτερότητές τους).

Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται την ύπαρξη μεθόδων και μηχανισμών για την αντιστάθμιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Γίνεται ανάλυση σε μέσα, τα οποία χρησιμοποιούνται (ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μελλοντικά) στην περίπτωση της Ισπανίας και αποτελούν αξιόπιστες και βιώσιμες επιλογές στη διαχείριση της διαφοροποίησης του κλίματος στη χώρα.

Στο τέλος, υπάρχει κεφάλαιο στο οποίο θα αναπτύσσεται εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει των όσων μεγεθών και στοιχείων αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Μέσω αυτών, θα γίνει μία προσπάθεια εύρεσης της τελικής διαμόρφωσης των κλιματικών χαρακτηριστικών της Ισπανίας και κατά πόσο αυτή μπορεί να μεταβάλει τις έως τώρα περιβαλλοντικές και κοινωνιολογικές συνθήκες στη χώρα, καθώς και κατά πόσο δύναται αυτή να αντισταθμιστεί σε περιπτώσεις αρνητικών επιπτώσεων σε αυτές.



Abstract

In this paper, we analyze the climate change as it is shaped in Spain in recent years, in the context of a wider global climate change. The aim is to draw wider conclusions both for the country as a whole, as well as for the individual regions.

In the first introductory chapter of the paper an extensive reference to climate change is made. It describes how the climate has changed around the world and what this in turn affects. There are also some (epigrammatic) examples of regions of the world, how the climatic conditions differed in them and with what results.

In the second chapter, the Spanish climate is analyzed. It describes the -in some places- climate in the country, as it is formed in the current era and how it affects the domestic ecosystems as well as the life and development of human communities.

The third chapter is the main topic of the work. It is cited as an extensive bibliographic study, which analyzes how the climate in Spain has changed in recent years in various parts of the country. This may include sizes and elements, such as the temperature profile of different areas, rainfall heights, the climatic specificity of each area, the presence of extreme phenomena such as hurricanes, etc. On this, it is also analyzed how much climate change affects elements such as agricultural production, local flora and fauna, aquifers, etc. (In this case, there will be - in part - sections regarding the locations that are mentioned in more detail depending on the areas and their specifics).

The fourth chapter deals with the existence of methods and mechanisms to compensate for the effects of climate change. An analysis is made of instruments that refer (or may be used, in the future) to the case of Spain and are reliable and sustainable choices in managing climate change in the country.

Finally, there is a chapter in which conclusions will be drawn based on the figures and data analyzed in the previous chapters. Through them, an attempt will be made to find the final configuration of the climatic characteristics of Spain and whether it can be transferred so far environmental and sociological conditions in the country, as well as whether it can be compensated in cases of negative effects on them.

Η κλιματική αλλαγή

Γενικά

Είναι γεγονός πως τα τελευταία χρόνια, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν αρχίσει και γίνονται εντονότερες σε μεγάλο μέρος του πλανήτη. Η επί τους τελευταίους αιώνες διαρκής ενεργειακή και υλική εκμετάλλευση των πόρων του πλανήτη έχει υποβαθμίσει σε πολύ σημαντικό βαθμό το φυσικό περιβάλλον της γης. Η μεγάλης κλίμακας ρύπανση που έχουν υποστεί πολλά μέρη ανά τον κόσμο έχει κάνει τη διαβίωση πολλών οργανισμών από δύσκολη έως αδύνατη, ενώ πολλά

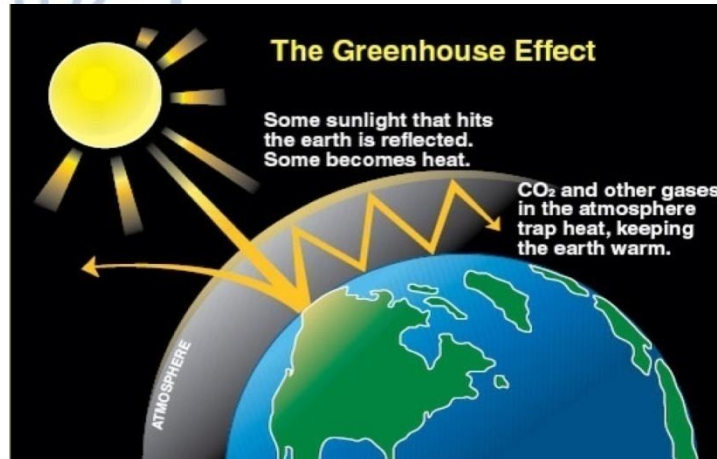
οικοσυστήματα διαφοροποιούνται, ακολουθώντας τις επιπτώσεις που αυτή δημιουργεί. Η σημαντικότερη, ίσως, μορφή ρύπανσης είναι η ατμοσφαιρική και δημιουργείται από την εκπομπή αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO , CO_2), οξειδίων του θείου (SO_x) ή του αζώτου (NO_x) και άλλων, λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανική δραστηριότητα και στα σύγχρονα μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς (Barbir et al., 1990).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για αυτό που έχει ονομαστεί από την επιστημονική κοινότητα ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί τη συγκέντρωση αέριων ρύπων στο εναέριο περιβάλλον, η οποία δημιουργεί τις συνθήκες ύπαρξης ενός στρώματος σωματιδίων-ρύπων, το οποίο εμποδίζει τις εισερχόμενες στην ατμόσφαιρα ηλιακές ακτίνες να εξέλθουν από την ατμόσφαιρα, ανακλώμενες από την επιφάνεια της γης. Με αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των ηλιακών ακτινών εγκλωβίζεται στη γήινη ατμόσφαιρα και διαχέεται σε αυτήν υπό τη μορφή θερμότητας (Raval & Ramanathan, 1989). Αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της γης, η οποία μπορεί να εξελιχθεί ανομοιόμορφα με περιοχές του κόσμου να παρουσιάσουν ήπια αύξηση των επικρατουσών θερμοκρασιών, ενώ άλλες να παρουσιάσουν πολύ πιο έντονη αύξηση αυτού του χαρακτηριστικού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «υπερθέρμανση του πλανήτη» και έχει ήδη αρχίσει να διαφοροποιεί το κλίμα της γης, κάτι το οποίο αναμένεται να γίνει πολύ εντονότερο μέσα στις επόμενες δεκαετίες (Sanderson et al., 2011). Η κλιματική αλλαγή που θα επέλθει δε θα αποτελεί απλά μία διαφοροποίηση των επί μέρους θερμοκρασιών της γης, αλλά θα επιφέρει μία πληθώρα αλλαγών στα εκάστοτε οικοσυστήματα τόσο σε επίγεια όσο και σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Πολλά οικοσυστήματα θα διαφοροποιηθούν προκειμένου να επιβιώσουν σε διαφορετικές θερμοκρασιακές συνθήκες στη ξηρά και στο νερό (Sommer et al., 2012). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες θα αποτελέσουν ρυθμιστικό παράγοντα για μεγάλες δασικές εκτάσεις όπως και για πολλές καλλιέργειες, καθώς η ανθοφορία και η καρποφορία πολλών φυτικών οργανισμών θα επηρεαστεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό (Gruda et al., 2019). Τα επίπεδα των βροχοπτώσεων αναμένεται να διαφοροποιηθούν σημαντικά, δημιουργώντας με τη σειρά τους κρίσιμες αλλαγές των διαθέσιμων υδάτινων πόρων για άρδευση καλλιεργήσιμων και δασικών εκτάσεων, όπως και ύδρευσης οικιστικών (και όχι μόνο) περιοχών (Lau et al., 2013). Συνεπώς, θα υπάρξουν ενδεχομένως ελλείψεις φυσικών πόρων όπως νερό, τρόφιμα, ξυλεία κ.ά. Η αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με την έλλειψη υδάτινων πόρων, κάνει δυσκολότερες της συνθήκες ζωής για πάρα πολλούς ζωϊκούς οργανισμούς, ενώ αυξάνονται οι πιθανότητες ακραίων καιρικών φαινομένων όπως περιόδων ξηρασίας και λειψυδρίας ή καταποντισμών (Roudier et al., 2016). Η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτινων οικοσυστημάτων δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας για πολλούς φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, καθώς μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και συνεπώς και τα επίπεδα του σε αυτό. Αυτό ενδεχομένως σε μελλοντικές δεκαετίες να μειώσει τους πληθυσμούς πολλών ειδών υδάτινης ζωής και να αυξήσει άλλους ειδών με καλύτερη προσαρμοστικότητα σε τέτοιες συνθήκες (Roy et al., 2019). Τα φαινόμενα τυφώνων έχουν αρχίσει να συμβαίνουν με μεγαλύτερη ένταση σε πολλά

μέρη του κόσμου, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας της θάλασσας που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου των υδρολογικών μαζών και τη μεγαλύτερη ένταση θαλάσσιων ροών (Pielke et al, 2005). Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί στο λιώσιμο των πάγων στους πόλους και συνεπώς σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας, κάτι που θα επηρεάσει μεγάλα τμήματα ακτογραμμών ανά τη γη (Church et al., 2008), ενώ παράλληλα υδροφόροι ορίζοντες (πηγές, ποτάμια, λίμνες, υπόγεια ρεύματα κ.ά) θα οδηγηθούν σε ξήρανση, λόγω της εξάτμισης υδάτινων επιφανειών.

Προκύπτει έτσι, η ανάγκη προσαρμογής των ανθρώπινων κοινωνιών και λειτουργιών στα πλαίσια μιας παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, προκειμένου να μετριαστούν οι επιπτώσεις της. Πολλές είναι οι ενέργειες που έχουν επιτευχθεί, προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αέριων ρύπων και έτσι να αντισταθμιστούν ως ένα βαθμό οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, όπως η εξέλιξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Boyle, 2004), η χρήση αυτοκινήτων φιλικών προς το περιβάλλον (Watabe et al., 2019) ή η χρήση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών στη βιομηχανία (Cao et al., 2011). Επιπλέον, πολλές ενέργειες γίνονται για την άμεση αντιμετώπιση των επιπτώσεων που έχουν ήδη εμφανιστεί. Μερικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Σε πολλές περιοχές του κόσμου κρίνονται αναγκαίες μεγάλες αναδιαμορφώσεις παράκτιων τμημάτων ώστε να προστατευθούν παραθαλάσσιες εκτάσεις από την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης (Church et al., 2008) και την αυξημένη παρουσία τυφώνων (Pielke et al., 2005).
- Πολλές καλλιέργειες αντικαθίστανται με άλλες ανθεκτικότερες στην ανυδρία και τις υψηλές θερμοκρασίες ή εφαρμόζονται άλλες μέθοδοι διαχείρισης των ήδη υπαρχουσών (Gruda et al., 2019).
- Κτηριακές εγκαταστάσεις έχουν εξοπλισθεί με αποδοτικότερες μονάδες κλιματισμού, λόγω των θερμοκρασιών που επικρατούν τα τελευταία χρόνια (Invidiata et al., 2016).
- Μονάδες αφαλάτωσης έχουν κατασκευασθεί σε περιοχές με μεγάλα προβλήματα λειψυδρίας (Bernabé-Crespo et al., 2019).
- Έχουν κατασκευασθεί (ή επαναλειτουργήσει) φράγματα σε ποταμούς με σκοπό να συγκεντρώνουν μεγάλες υδάτινες ποσότητες για ύδρευση και άρδευση εκτάσεων (Watts et al., 2011).



Σχήμα 1: Στην παραπάνω απεικόνιση, αναλύεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως αυτό έχει περιγραφεί πιο πάνω. Πηγή: <https://tutorbin.com/>



Σχήμα 2: Μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης στο Περθ της Αυστραλίας. Πηγή: <https://www.suezwaterhandbook.com/>



Σχήμα 3: Αιολικό πάρκο ανεμογεννητριών στη Δανία. Αποτελούν μη-ρυπογόνο και ανανεώσιμη μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και μέσο μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων σε μία προσπάθεια μετριασμού των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Πηγή: <https://www.power-technology.com/>

Παραδείγματα επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μία χαρακτηριστική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής είναι η αύξηση των κυκλώνων ως αποτέλεσμα της αύξησης θερμοκρασιών της θάλασσας και της ατμόσφαιρας (Walsh et al., 2016). Ένα κλασσικό παράδειγμα περιοχής του κόσμου, στην οποία υπάρχει έντονη επίδραση των αυξημένων (τα τελευταία χρόνια) κυκλώνων (και γενικότερα επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπως πλημμύρες, καταιγίδες και περιόδους ξηρασίας) είναι η χώρα του Μπαγκλαντές. Το Μπαγκλαντές ήταν πάντοτε μία περιοχή με έντονες πλημμύρες, βροχοπτώσεις και τυφώνες. Τις τελευταίες δεκαετίες, ωστόσο, τα ακραία καιρικά φαινόμενα παρουσιάζουν μία αυξητική τάση λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η θαλάσσια περιοχή της χώρας έχει τάσεις αύξησης της θερμοκρασίας και της στάθμης της με αποτελέσματα την αύξηση των τυφώνων και της έντασης αυτών, του κινδύνου πλημμυρών και της βύθισης πολλών παράκτιων περιοχών (Brammer, 2016). Με τη σειρά τους, τα φαινόμενα αυτά επηρεάζουν τους ντόπιους πληθυσμούς της χώρας, καθώς αναδιαμορφώνει τις δραστηριότητες και τη διαβίωσή τους, ενώ μπορεί ακόμα να τους εκτοπίσουν στο εσωτερικό της χώρας, με σκοπό να αποφύγουν την έκθεσή τους σε επικίνδυνες για τη ζωή τους συνθήκες. Πλήθος επιστημόνων τονίζουν την ανάγκη δημιουργίας παράκτιων υποδομών όπου θα προστατεύσουν μεγάλες εκτάσεις από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Dasgupta et al., 2010). Σημαντικό πρόβλημα λόγω των αυξημένων σε ένταση κυκλώνων και καταιγίδων έχουν ήδη αρχίσει να αντιμετωπίζουν πολλές περιοχές στον Ινδικό, τον Ειρηνικό και τον Ατλαντικό ωκεανό, και κυρίως στην τροπική ζώνη, όπου είναι πιο ευάλωτη σε θερμοκρασιακές αλλαγές σε θάλασσα και ατμόσφαιρα (Tu et al., 2021). Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πολιτεία της Λουιζιάνα στις Η.Π.Α, καθώς εξελίσσεται σε εξαιρετικά ευπαθής με το πέρασμα των χρόνων σε τυφώνες και πλημμύρες, με το κόστος των απαιτούμενων υποδομών για τον μετριασμό των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών να ανέρχεται σε δεκάδες εκατομμύρια δολάρια (Mock, 2008).

Μία ακόμη συνέπεια της κλιματικής αλλαγής είναι η αύξηση της θερμοκρασίας και η «ερημοποίηση» πολλών περιοχών του πλανήτη. Η υπερθέρμανση της γης μπορεί να έχει πολύ δυσμενείς επιπτώσεις σε θερμές κλιματολογικά περιοχές όπως οι χώρες της Μεσογείου, η Αυστραλία, η Νότιος Αφρική, το Μεξικό κ.ά. Στην Αυστραλία, ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, γίνεται λόγος για ερημοποίηση περιοχών και αύξηση των ημι-ερημικών εκτάσεων, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, των μεγαλύτερων περιόδων ξηρασίας και των μειωμένων βροχοπτώσεων (Pickup, 2008). Στη Νότια Αφρική, η μέση ετήσια θερμοκρασία των τελευταίων ετών έχει ανέβει κατά τουλάχιστον 1,5°C, συγκριτικά με προηγούμενες δεκαετίες, και προβλέπεται ως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα να έχει ανέβει έως και 6°C πιο ψηλά και σε συνδυασμό με μείωση των βροχοπτώσεων να δημιουργήσει πολύ δύσκολες συνθήκες διαβίωσης για τις ανθρώπινες κοινότητες αλλά και τα υπόλοιπα οικοσυστήματα της περιοχής (Ziervogel et al., 2014). Στο Μεξικό, αναμένεται το κλίμα ως το τέλος του 21^{ου} αιώνα να έχει εξελιχθεί σε ακόμα πιο ξηρό με αποτέλεσμα

η αγροτική παραγωγή να μειωθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε εκατομμύρια Μεξικάνοι να αναγκαστούν ενδεχομένως να μεταναστεύσουν εκτός της χώρας, προκειμένου να ζήσουν σε ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες και να μπορούν να εργαστούν (Feng et al., 2010). Στις χώρες της Μεσογείου, μεταξύ αυτών και στην Ισπανία, η οποία είναι η περιοχή ενδιαφέροντος της συγκεκριμένης εργασίας, οι υψηλότερες θερμοκρασίες των τελευταίων ετών έχουν αρχίσει να δημιουργούν δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες αποξηραίνοντας πολλές περιοχές και αναγκάζοντας ντόπιους ανθρώπους και οικοσυστήματα να προσαρμοστούν σε νέα δεδομένα λειτουργικότητας (Mourato et al., 2015). Επιπλέον, σε τέτοιες συνθήκες οι πιθανότητες δημιουργίας πυρκαγιών είναι πολύ μεγαλύτερες και τέτοιου είδους καταστροφές πολύ εντονότερες (Hessl, 2011).

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει, επίσης, την ύπαρξη και ανάπτυξη των θαλάσσιων οργανισμών. Οι πρόσφατες αλλαγές στην κατανομή και την παραγωγικότητα ενός αριθμού ειδών ψαριών μπορούν να αποδοθούν στην κατά τόπους κλιματική μεταβλητότητα (Rijnsdorp et al., 2009). Η μελλοντική παραγωγή ιχθυοκαλλιέργειας ενδεχομένως να αυξηθεί σε ορισμένες περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους λόγω θέρμανσης και μειωμένης κάλυψης πάγου, αλλά η δυναμική σε περιοχές χαμηλού γεωγραφικού πλάτους διέπεται από διαφορετικές διαδικασίες και η παραγωγή μπορεί να μειωθεί ως αποτέλεσμα της μειωμένης κατακόρυφης ανάμιξης των ωκεάνιων υδάτων, άρα της μειωμένης ανακύκλωσης θρεπτικών ουσιών. Υπάρχουν ισχυρές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιπτώσεων της αλιείας και των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος (Morrongiello et al., 2011). Η αλιεία μειώνει την ηλικία, το μέγεθος και τη γεωγραφική ποικιλομορφία των πληθυσμών, όπως και τη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, καθιστώντας και τα δύο πιο ευαίσθητα σε πρόσθετες πιέσεις όπως αυτές της κλιματικής αλλαγής. Η εσωτερική αλιεία απειλείται επιπλέον από αλλαγές στη βροχόπτωση και τη διαχείριση των υδάτων. Η συχνότητα και η ένταση των ακραίων κλιματικών γεγονότων ενδέχεται να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη μελλοντική αλιευτική παραγωγή σε όλα τα υδάτινα οικοσυστήματα. Σύμφωνα με την άποψη πολλών επιστημόνων, η μείωση της θνησιμότητας, λόγω αλιείας στην πλειονότητα των αλιευμάτων, αποτελεί το κύριο εφικτό μέσο για τη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Brander, 2007). Το λιώσιμο των πάγων, πέραν του ότι ευθύνεται για την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, ευθύνεται και για μία πληθώρα προβλημάτων που βγαίνουν στην επιφάνεια. Με την απουσία παγωμένων επιφανειών ή την ύπαρξη λεπτών επιφανειών πάγου στην επιφάνεια της θάλασσας, πολλά ζώα όπως η πολική αρκούδα ή η αρκτική αλεπού χάνουν το φυσικό τους περιβάλλον και καλούνται να επιβιώσουν σε πολύ δυσκολότερες συνθήκες, δαπανώντας πολύ μεγαλύτερα ενεργειακά ποσά ώστε να καταφέρουν να μετακινηθούν κολυμπώντας και να βρουν τροφή (Stirling & Derocher, 1993). Επίσης, το λιώσιμο των πάγων μπορεί να απελευθερώσει στους ωκεανούς μικροβιακούς οργανισμούς, οι οποίοι έμεναν για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα αδρανείς, ενδεχομένως να εξαπλωθούν ως ασθένειες στη θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα και ίσως και σε οργανισμούς της ξηράς (Fox-Skelly, 2017).

Προφανώς, όπως διακρίνεται από τα παραπάνω, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει

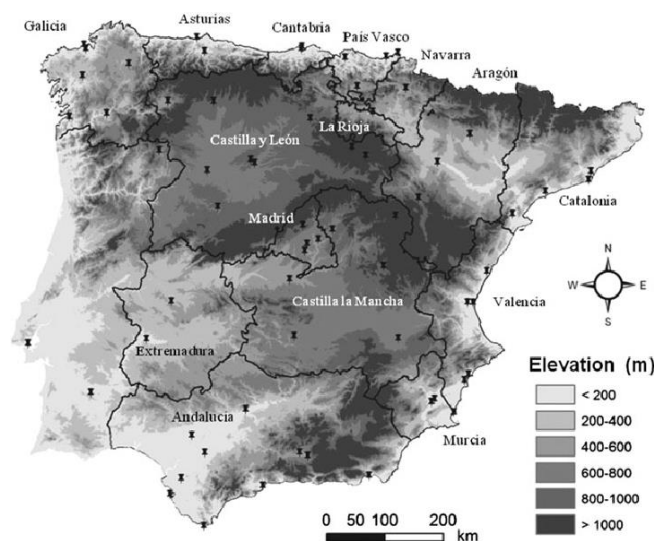
όλον τον πλανήτη με διάφορους τρόπους, καθώς οι επιπτώσεις της είναι αρκετές και παρότι διαφορετικές, άμεσα αλληλοεξαρτημένες. Η κατανόηση και η αντιμετώπισή της χρήζουν μελέτης και εμβάθυνσης έτσι ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές για τον ισοσκελισμό των συνεπειών της.

Το κλίμα στην Ισπανία

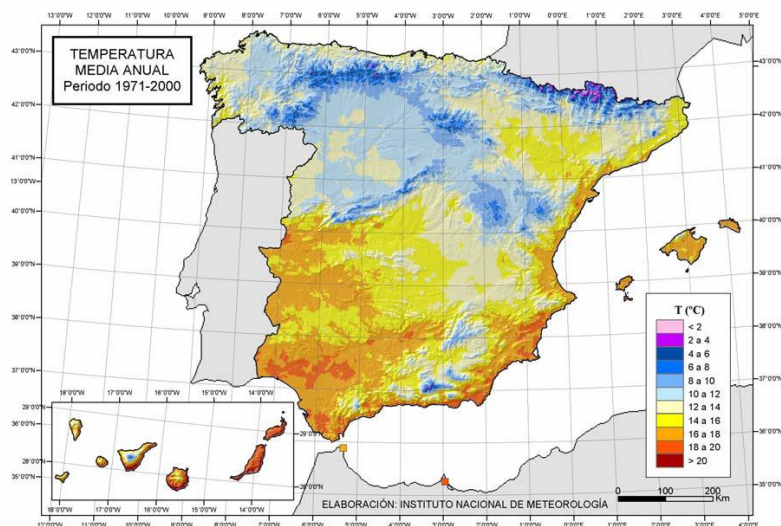
Η κατανομή των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών παρέχει αρκετά καλή αναπαραγωγή του υψομετρικού χάρτη της χώρας. Ωστόσο, οι γεωγραφικές διαφορές μεταξύ της βόρειας και της νότιας Ισπανίας, ακόμη και εξαιρουμένων των Καναρίων Νήσων, μαζί με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά του Ατλαντικού Ωκεανού και της Μεσογείου θάλασσας παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές. Βάσει του βιβλίου «*Το κλίμα στην Ισπανία: παρελθόν, παρόν και σενάρια για τον 21^ο αιώνα*» (De Castro et al., 2005), οι κύριες χωρικές τιμές και τα μοτίβα της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την Ιβηρική Χερσόνησο και τις Βαlearίδες Νήσους είναι οι εξής:

- Η θερμοκρασία της θάλασσας κυμαίνεται λίγο κάτω από τους 14°C στα σημεία της ακτής της Καντάβρια έως τους 18°C στη νότια Μεσόγειο και το Νότιο Ατλαντικό
- Κατά μήκος της ακτής της ανατολικής Μεσογείου, η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 15°C σε ορισμένα τμήματα της ακτής της Καταλονίας έως 18°C στην ακτή της Αλμερίας, ενώ στις Βαlearίδες Νήσους, οι τιμές δίπλα στη θάλασσα είναι μεταξύ 16 και 18°C.
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία μπορεί να είναι αρνητική σε περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο των 2.800m, στο βόρειο μισό της χερσονήσου (Πυρηναία όρη) και σε σκιασμένες περιοχές πάνω από 3.100m στο νότο (Σιέρα Νεβάδα).
- Στο βόρειο οροπέδιο της χώρας, οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 10 και 12,5°C και στο νότιο οροπέδιο, μεταξύ 12,5 και 15°C, σε γενικές γραμμές.
- Οι πεδιάδες της λεκάνης του Έβρου έχουν μέσες ετήσιες θερμοκρασίες λίγο πάνω από 14°C, αυτές της κοιλάδας του Γουαδαλκιβίρ μεταξύ 17 και 18°C και εκείνες της Εστρεμαδούρα είναι λίγο πάνω από 16°C.
- Οι θερμοκρασίες μειώνονται στην ακτή και την ενδοχώρα και αυξάνονται από το Βορρά στο Νότο, ανάλογα πάντα τα επίπεδα του υψόμετρου.
- Στην ενδοχώρα, οι θερμοκρασίες βαίνουν μειούμενες από τη Δύση προς την Ανατολή. Η διαφορά θερμοκρασίας λίγο πάνω από 4°C μεταξύ των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών του. Οι βόρειες και νότιες ακτές της Ιβηρικής χερσονήσου διαμορφώνουν μια θερμοκρασιακή κλίμακα, η οποία διαμορφώνεται λίγο πιο πάνω από 1°C/200km.
- Στην ακτή της Βόρειας Αφρικής, η Θέουτα και η Μελίγια παρουσιάζουν θερμοκρασίες παρόμοιες με αυτές της νότιας ακτής της χερσονήσου.

- Στις Κανάριες Νήσους, οι θερμοκρασίες είναι αισθητά υψηλότερες από ότι στην υπόλοιπη Ισπανία (σε περιοχές ίσου υψόμετρου), ξεπερνώντας τους 20°C, φτάνοντας ακόμη και τους 21°C στις παράκτιες περιοχές.



Σχήμα 4: Υψομετρικός χάρτης της Ισπανίας. Όπως φαίνεται στον παραπάνω χάρτη, το βόρειο τμήμα της χώρας έχει μεγαλύτερο υψόμετρο, συγκριτικά με το νότιο τμήμα, το οποίο έχει κατά κύριο λόγο, περιοχές υψομ'τρου μικρότερου των 600m. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>



Σχήμα 5: Χάρτης του θερμοκρασιακού ανάγλυφου της Ισπανίας. Είναι προφανές πως σε συγκριτική μελέτη το συγκεκριμένο χάρτη με το χάρτη του Σχήματος 4, οι περιοχές με τις υψηλότερες θερμοκρασίες της χώρας είναι κατά κύριο λόγο αυτές με το χαμηλότερο υψόμετρο, όσον αφορά το νότιο, το κεντρικό και το ανατολικό τμήμα της χώρας, με μέσες ετήσιες θερμοκρασίες στο εύρος των 14-20°C. Το βόρειο τμήμα της χώρας είναι σχεδόν αποκλειστικά ψυχρότερο του νότου με θερμοκρασίες, επί των πλείστων, μικρότερες των 12°C, ενώ στις περιοχές υψομέτρου άνω των 1000m, οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες δεν ξεπερνούν τους 8°C. Στο ανατολικό τμήμα της χώρας εμφανίζονται οι χαμηλότερες μέσες ετήσιες εγχώριες θερμοκρασίες (<6°C) στην περιοχή της οροσειράς των Πυρηναίων στα σύνορα με τη Γαλλία. Πηγή: (De Castro et al., 2005)

Η Ισπανία, σύμφωνα με μελέτες, αναμένεται να αντιμετωπίσει σοβαρό πρόβλημα λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, με τις θερμοκρασίες, τις βροχοπτώσεις, τα καιρικά φαινόμενα και ουσιαστικά το κλίμα της περιοχής να διαφοροποιούνται σε σχέση με τα τωρινά δεδομένα σε μεγάλο βαθμό. Ανάμεσα, στα ζητήματα, που ενδέχεται να προκύψουν και να κληθούν να αντιμετωπίσουν οι Ισπανοί μελλοντικά, είναι ότι η χώρα τους εκτιμάται πως θα έρθει αντιμέτωπη με μείωση των βροχοπτώσεων και μειωμένη παροχή νερού από τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής. Αυτό θα έχει με τη σειρά του άμεσες επιπτώσεις στην παροχή γλυκού νερού στην εγχώρια ύδρευση και άρδευση, άρα και σε τομείς όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία ή η δασοπονία και σε συνθήκες όπως η εδαφική διάβρωση περιοχών ή η φτωχοποίηση εδαφών από θρεπτικά στοιχεία κ.ά. (Vargas-Amelin & Pindado, 2014).

Οι επιστήμονες και οι υπεύθυνοι διαχείρισης υδάτινων πόρων έχουν παρατηρήσει γενικευμένη μείωση της απορροής και της απόδοσης νερού σε πληθώρα ποταμών της Μεσογείου, τις τελευταίες δεκαετίες (García-Ruiz et al., 2011). Δύο εξηγήσεις που έχουν δοθεί για αυτήν την «τάση» είναι α. η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών και β. οι αλλαγές στην κάλυψη γης λόγω αλλαγών στη χρήση της. Έχει παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας, μεταξύ 1 και 2°C στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου από τις αρχές του 20ου αιώνα (Brunetti et al., 2004), κάτι το οποίο σε συνδυασμό με μια αύξηση της εξάτμισης στην ατμόσφαιρα, να οφείλεται εν μέρει ενδεχομένως για τη μείωση των υδάτινων αποθεμάτων στις λεκάνες απορροής (Liuzzo et al., 2010). Η μείωση στη βροχόπτωση έχει επίσης αναγνωριστεί ως αιτία μειωμένης απορροής σε πολλές μεσογειακές λεκάνες και αποτελεί πρόβλημα και σε πολλά άλλα σημεία του πλανήτη (García-Ruiz et al., 2011). Για παράδειγμα, πριν από μερικά χρόνια, μια μείωση της τάξεως 15-25% στην απορροή του Κίτρινου Ποταμού στη Λ.Δ της Κίνας οφειλόταν, σύμφωνα με έρευνες, στη μείωση της εκεί βροχόπτωσης κατά περίπου 10% (Zhang et al., 2009). Σε παρόμοια κατάσταση εκτιμάται η Κρήτη, καθώς εκτιμάται πως μελλοντικά θα υπάρξει μείωση της βροχόπτωσης κατά 20%, η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει σε μείωση 29-32% στην απορροή υδάτων της νήσου (Voudoris et al., 2012). Σε ορεινές περιοχές, η αυξημένη θερμοκρασία έχει προκαλέσει επίσης μείωση της συσσώρευσης χιονιού σε σημεία μέσου και μεγάλου υψομέτρου, ενώ γίνεται λόγος πως αυτό το φαινόμενο έχει γίνει πιο έντονο λόγω των μειωμένων βροχοπτώσεων. Αποτέλεσμα αυτών είναι οι μάζες χιονιού να λιώνουν νωρίτερα από το σύνηδες και εν συνεχεία, προβλήματα λειψυδρίας να παρουσιάζονται νωρίτερα, πολλές φορές ήδη από την περίοδο της άνοιξης (Senatore et al., 2010). Η αλλαγή της χρήσης γης έχει επίσης αναγνωριστεί ως μία εκ των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα ύδατα της Μεσογείου τις τελευταίες δεκαετίες. Στα ευρωπαϊκά βουνά της Μεσογείου, η πιο χαρακτηριστική αλλαγή ήταν η πολύ μεγάλη αύξηση στις καλυπτόμενες από θάμνους και δάση περιοχές, κάτι το οποίο συνέβη ως συνέπεια της εγκατάλειψης από ανθρώπινες δραστηριότητες μεγάλων ορεινών εκτάσεων γης (García-Ruiz και Lana-Renault, 2011).

Ύστερα από ενδελεχή στατιστική ανάλυση των κλιματικών παραμέτρων της

Ιβηρικής χερσονήσου κατά την εικοσαετία 1986-2005 και συγκριτικά με τις προηγούμενες χρονιές, αύξηση των ακραίων θερμοκρασιών κρύου, ειδικά για τις πιο κρύες μέρες και κρύες νύχτες του έτους (συγκεκριμένα όπως ορίζεται στη συγκεκριμένη μελέτη, για τις ημέρες και νύχτες στο χαμηλότερο για κρύες περιόδους ή υψηλότερο για θερμές περιόδους 10% των θερμοκρασιών της αντίστοιχης εποχής ή έτους). Οι εποχιακές τάσεις της άνοιξης υποδηλώνουν μείωση του αριθμού ημερών παγετού και ψυχρών ημερών, σε περιοχές όπου αυτές οι τάσεις είναι στατιστικά σημαντικές. Ωστόσο, οι ψυχρές νύχτες της άνοιξης παρουσιάζουν αύξηση εμφάνισης κατά μία ημέρα/έτος, κάτι που ισχύει και για τις ψυχρές νύχτες του καλοκαιριού, ενώ παρατηρήθηκε μειωτική τάση των κρύων περιόδων σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Η ίδια μελέτη ανέδειξε αύξηση των θερμών ημερών κατά τη διάρκεια των περιόδων άνοιξης και καλοκαιριού. Παράλληλα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση των θερμών περιόδων την περίοδο του χειμώνα σε ορισμένες περιοχές (Fonseca et al., 2016).

Εάν η κλιματική αλλαγή συνεχίσει με τον τρέχοντα ρυθμό της, η ανθεκτικότητα πολλών οικοσυστημάτων πιθανότατα θα ξεπεραστεί, αλλάζοντας τη δομή και τη λειτουργία τους. Μια πλήρης κατανόηση των επιπτώσεων, ωστόσο, παραμένει σε πολλές περιπτώσεις ανέφικτη, λόγω της δυσκολίας απόκτησης στατιστικών στοιχείων από επιτόπιες μελέτες και την εξαγωγή συμπερασμάτων για μεγαλύτερο εύρος περιοχών. Αυτές οι μελέτες παρέχουν ποικίλες πειραματικές και παρατηρητικές ενδείξεις στο πεδίο ότι οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, τα νέα χαρακτηριστικά νετού και άλλες αλλαγές κλιματολογικών παραμέτρων επηρεάζουν ήδη τα οικοσυστήματα σε αυτήν την περιοχή της Μεσογείου. Έχουν περιγραφεί γρήγορες γενετικές, επιγενετικές και μεταβολικές μεταβολές στα φυτά. Έχουν οδηγήσει σε αλλαγές στη μορφολογία, τη φυσιολογία, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και τη θνησιμότητα. Ορισμένα είδη είναι πιο ευάλωτα σε αυτές τις αλλαγές από ό, τι άλλα, τα οποία έχουν αλλάξει ως προς την ικανότητα επιβίωσής τους και, ως εκ τούτου, άλλαξαν τη μικροβιακή σύνθεση των φυτών και των ζώων. Πολλές άλλες επιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής, για παράδειγμα αύξηση της εκπομπής βιογενών πτητικών οργανικών ενώσεων ή αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς και μείωση της απορρόφησης CO₂ σε περιόδους ξηρασίας. Μείωση της ικανότητας συγκράτησης θρεπτικών συστατικών και άνθρακα στη βλάστηση συνοδεύεται, βραχυπρόθεσμα, από αύξηση του εδάφους άνθρακα και θρεπτικών συστατικών λόγω της μείωσης της ενζυματικής ικανότητας και της ανοργανοποίησης του εδάφους (Hawkins et al., 2008). Η προβλεπόμενη αύξηση των έντονων βροχοπτώσεων εισάγει ένα σενάριο αβέβαιων αλλαγών στους κύκλους των θρεπτικών συστατικών, τη γονιμότητα του εδάφους και τις ροές θρεπτικών ουσιών μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Όλες αυτές οι αλλαγές στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών συστατικών υποδηλώνουν καθαρές απώλειες στην ικανότητα των μεσογειακών δασών και θάμνων να λειτουργούν απορροφητικά για τις ενώσεις του άνθρακα που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Οι μελλοντικές μελέτες θα πρέπει επίσης να διερευνήσουν τις απώλειες των θρεπτικών συστατικών του εδάφους με έκπλυση και διάβρωση, καθώς και τις πιθανές ανατροφοδοτήσεις σχετικά με τις αλλαγές κάλυψης

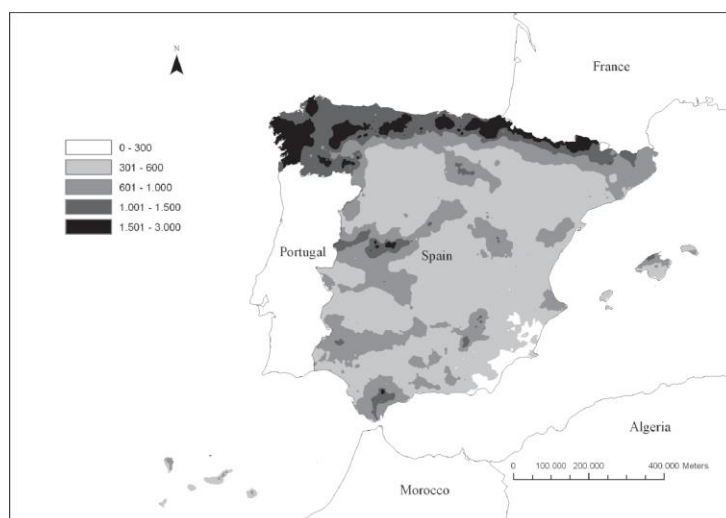
γης σχετικά με τη διαθεσιμότητα νερού και το περιφερειακό κλίμα. Οι πολιτικές περιβαλλοντικής και δασικής διαχείρισης πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών και κλιματολογικών συνθηκών που προβλέπονται για τις επόμενες δεκαετίες (Peñuelas et al., 2018).

Η μεταβολή του κλίματος στην Ισπανία

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι πλέον εμφανές πως οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι εμφανείς και ανησυχητικές ανά τον κόσμο. Οι χώρες της Μεσογείου είναι πολύ πιθανόν να είναι ανάμεσα στις περιοχές του κόσμου οι οποίες στον 21ο αιώνα θα έρθουν αντιμέτωπες με μεγάλες διαφοροποιήσεις του κλίματος καθώς και με την ανάγκη λήψης μέτρων και κατασκευής υποδομών για την αντιστάθμιση των επερχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σύμφωνα με έρευνες, στην Ισπανία αναμένεται έως το 2040 μία αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ 1.4°C και 1.9°C, σε συνδυασμό με μείωση του ύψους βροχής περίπου 5-6%. Κάποιες έρευνες σημειώνουν πως η μείωση του ύψους βροχοπτώσεων θα επέλθει μεγαλύτερη σε περιοχές όπως τα Κανάρια Νησιά και το νότιο κομμάτι της ηπειρωτικής Ισπανίας, καθώς μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας θα παρατηρηθεί στην ενδοχώρα της ηπειρωτικής χώρας. Οι ημιορημικές περιοχές της χώρας ενδεχομένως να εξελιχθούν σε ερημικές καθώς οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ξηρότητα και συνεπώς να μειωθεί η υπάρχουσα βλάστηση. Οι περίοδοι ξηρασίας θα εξελιχθούν εντονότερες ως προς τη διάρκεια και το θερμοκρασιακό τους ύψος, ενώ η υδάτινη παροχή πολλών ποταμών και λοιπών υδροφόρων οριζόντων αναμένεται να μειωθεί, σύμφωνα με μελέτες του ισπανικού Κέντρου Μελετών και Πειραματικών Δημοσίων Έργων (το οποίο λειτουργεί υπό την αιγίδα του ισπανικού Υπουργείου Περιβάλλοντος).

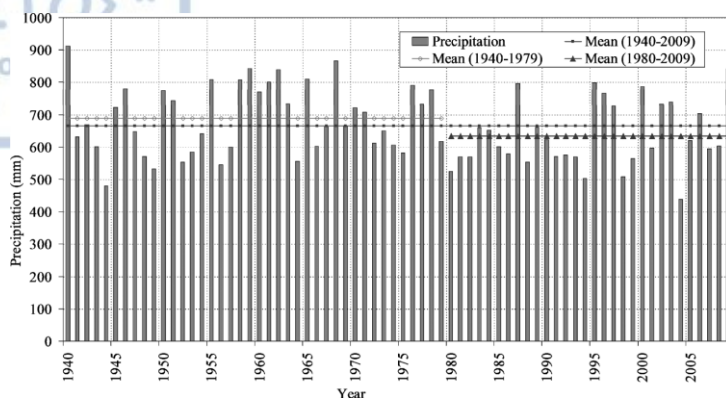
Η αγροτική παραγωγή της χώρας αναμένεται να υποστεί αρκετά μεγάλο πλήγμα εντός των επόμενων ετών και θα πρέπει να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές συλλογής και διανομής υδάτινων πόρων για την αντιμετώπισή της. Πολλοί επιστήμονες επισημαίνουν ότι πολλές υδροβόρες αγροτικές καλλιέργειες όπως αυτή του ρυζιού ή του αραβοσίτου, να χρειαστεί μελλοντικά να αντικατασταθούν από άλλες με μικρότερη υδάτινη κατανάλωση, παράλληλα με την εγκατάλειψη ορισμένων καλλιεργειών της γης σε περιοχές με αρκετά μικρή απόδοση και γεωργική προοπτική. (Iglesias et al., 2005). Επιπλέον, φόβοι έχουν εκφραστεί αναφορικά με την επιρροή της κλιματικής μεταβολής στις αγροτικές εκτάσεις, διότι σε πολλές περιπτώσεις αύξηση της θερμοκρασίας και των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση πληθυσμών παρασίτων και ασθενειών και συνεπώς ραγδαία μείωση της παραγωγής με τεράστιο κόστος και ζημία για το βιοτικό επίπεδο πολλών ανθρώπων. Οι δασικές εκτάσεις και οι περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές αποτελούν ένα μεγάλο κομμάτι της χώρας και θα επηρεαστούν άμεσα και σε μεγάλο βαθμό από τις όποιες περιβαλλοντικές μεταβολές. Σε πολλές μελέτες έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με το ότι τα ισπανικά δάση μπορεί να χάσουν το θετικό

ισοζύγιο οξυγόνου-διοξειδίου του άνθρακα και να εκλύουν στην ατμόσφαιρα περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από οξυγόνο. Κάτι τέτοιο θα είχε τεράστιες συνέπειες τόσο για το περιβάλλον, όσο και για εργασιακούς κλάδους όπως η υλοτομία και απαιτεί ένα καλά οργανωμένο σχέδιο αντιμετώπισης και επεμβατισμού στο φυσικό περιβάλλον με σκοπό τη διατήρηση και ευδοκίμησή του, σε δυσμενέστερες συνθήκες. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια, έρχεται να προστεθεί και ο παράγων του αστικού περιβάλλοντος, ο οποίος ίσως να χρειαστεί να διαφοροποιηθεί αισθητά ώστε να γίνει πιο βιώσιμος για τους κατοίκους όπως και λιγότερο περιβαλλοντικά επιβλαβής, με μείωση στην κατανάλωση νερού καθώς και δημιουργία περισσότερων χώρων πρασίνου. (Garrido et al., 2013)



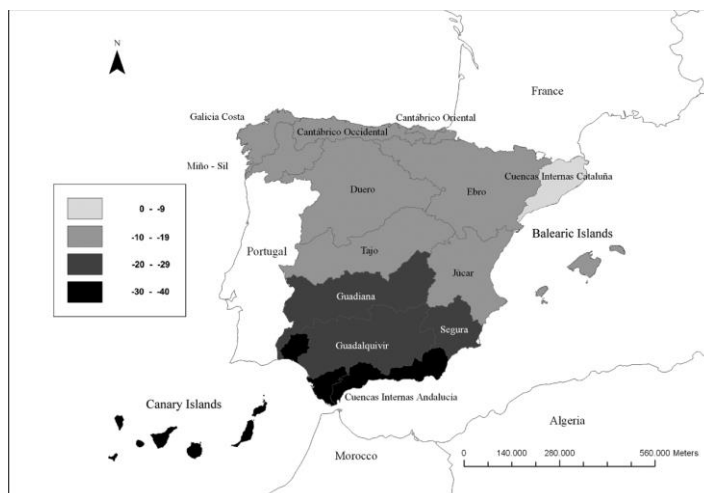
Σχήμα 6: Χάρτης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (σε mm) στην Ισπανία.
Πηγή: Ισπανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος

Η Ισπανία είναι μία χώρα 506.000 τετρ. χλμ με μέση ετήσια βροχόπτωση περίπου 670 mm, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 2200 mm στο βορρά και 120 mm στο νοτιοανατολικό τμήμα της χώρας. Η διακύμανση της βροχόπτωσης ανάμεσα στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές της χώρας αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στον παραπάνω χάρτη (Σχήμα 6). Αντιστοίχως, το μέσο ετήσιο ύψος από τις λεκάνες απορροής ανέρχεται στα 220 mm, κυμαινόμενο μεταξύ 0-100 mm στο νοτιοανατολικό και κεντρικό τμήμα έως και 1000 mm στο βόρειο τμήμα της ισπανικής επικράτειας. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις αποτελούν το 50% της χώρας με αποτέλεσμα μείωση των υψών βροχοπτώσεων και στις λεκάνες απορροής να επιφέρει ενδεχομένως δραματική μείωση όχι μόνο των οικονομικών μεγεθών της χώρας, αλλά και της αυτάρκειάς της σε πόρους. (Estrela et al., 2012)



Σχήμα 7: Διάγραμμα απεικόνισης της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης των τελευταίων δεκαετιών στην Ισπανία. Πηγή: Ισπανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος

Όπως φαίνεται στον παραπάνω διάγραμμα με στοιχεία από το ισπανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος, η μέση ετήσια βροχόπτωση βαίνει -ανά περιόδους- μειούμενη της τελευταίες δεκαετίες διαμορφώνοντας μία νέα μέση τιμή αισθητά χαμηλότερη από αυτήν των 670 mm.



Σχήμα 8: Χάρτης στον οποίο παρουσιάζεται η προβλεπόμενη μέση ποσοστιαία μείωση του ύψους των λεκανών απορροής στην Ισπανία μεταξύ 2041-2070. Πηγή: Ισπανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος

Στον παραπάνω χάρτη, στον οποίο παρουσιάζεται η προβλεπόμενη μέση ποσοστιαία μείωση του ύψους υδάτων στις λεκάνες απορροής στην Ισπανία την περίοδο 2041-2070, παρατηρείται ότι η περιοχή η οποία θα πληγεί λιγότερο είναι η Καταλονία με ποσοστό μείωσης μικρότερο του 10%. Ο βορράς, η κεντρική ενδοχώρα καθώς και οι Βαlearίδες Νήσοι θα παρουσιάσουν μία μείωση της τάξης του 10-20%. Ο ισπανικός νότος, ωστόσο, αναμένεται να αντιμετωπίσει αρκετά μεγάλο πρόβλημα λειψυδρίας όπως φαίνεται, από τη στιγμή όπου η μείωση των λεκανών απορροής θα κυμανθεί μεταξύ 20-30% σε περιοχές της Ανδαλουσίας, της Μούρθια, της Εστρεμαδούρα, ενώ σε ορισμένα σημεία της Ανδαλουσίας (όπως αυτά φαίνονται στο χάρτη) και στα Κανάρια Νησιά η μείωση αυτή θα ξεπεράσει το 30% και ενδεχομένως να φτάσει και το 40%, κάτι το οποίο θα δημιουργήσει πληθώρα προβλημάτων στην ύδρευση και άρδευση των συγκεκριμένων περιοχών.

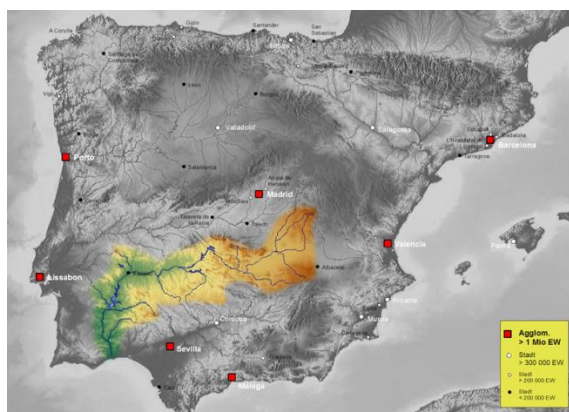
Εστρεμαδούρα

Ενδιαφέρον παρουσιάζει μία μελέτη αναφορικά με την ένταση των περιόδων καύσωνα στην περιοχή της Εστρεμαδούρα στη νοτιοδυτική Ισπανία, η οποία δημοσιεύθηκε το 2017. Ως καύσωνας (heat wave) ορίζεται μία περίοδος δύο ή περισσότερων ημερών κατά τις οποίες η θερμοκρασία κυμαίνεται σε τιμές ανώτερες του 95% της μέγιστης καλοκαιρινής θερμοκρασίας, ενώ διατυπώνεται και ο όρος «θερμό επεισόδιο» (warm event) ως μία περίοδος δύο ή περισσότερων ημερών κατά τις οποίες η θερμοκρασία κυμαίνεται σε τιμές ανώτερες του 75% της μέγιστης καλοκαιρινής θερμοκρασίας (μεγέθη θερμοκρασιών βάσει της κλίμακας Κελσίου, και ορίζοντας ως αρχή τη μηδενική της θερμοκρασία). Βάσει της μελέτης αυτής, στη συγκεκριμένη περιοχή, δεν παρουσιάστηκε ιδιαίτερη μεταβολή στην ένταση και τη διάρκεια των περιόδων καύσωνα, κατά την τελευταία δεκαετία. Ωστόσο, σε μεγάλο μέρος της, παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση της συχνότητας των περιόδων αυτών κατά τα τελευταία 15 χρόνια. Επιπλέον, τα θερμά επεισόδια σε ένα μέρος της περιοχής παρουσιάζουν μεγαλύτερη ένταση και συχνότητα κατά την τελευταία δεκαετία, σε επίπεδα αρκετά υψηλότερα από αυτά των περιόδων καύσωνα και με θερμοκρασίες κυμαινόμενες μεταξύ 34.5°C και 37°C. Τα κλιματολογικά αυτά φαινόμενα συνεπάγονται μακρύτερες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών της τάξης των 35-36°C ή και υψηλότερων, καθώς και μικρότερες περιόδους ήπιων θερμοκρασιών (κυμαινόμενες στο 25% της μέγιστης καλοκαιρινής θερμοκρασίας). Τα παραπάνω επιστημονικά δεδομένα θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψιν και να αξιολογηθούν αναφορικά με την αγροτική παραγωγή καλλιεργειών όπως ο αραβόσιτος, προϊόν μείζονος οικονομικής σημασίας για την περιοχή. Επίσης, σύμφωνα με την άποψη επιστημονικών ερευνητών, θα πρέπει, δεδομένων των παραπάνω στοιχείων, να γίνουν περαιτέρω μελέτες σχετικά με τη μελλοντική πορεία της εντόπιας βιοποικιλότητας της περιοχής (Acero et al., 2018).

Στην Εστρεμαδούρα, έχουν δημιουργηθεί περίπου 300.000 στρέμματα ορυζώνες από τη δεκαετία του 1960. Αυτοί οι ανθρωπογενείς υγρότοποι εξελίχθηκαν σε προστατευτικές περιοχές έναντι της απώλειας φυσικών οικοσυστημάτων για πληθυσμούς (υδρόβιων και όχι μόνο) πτηνών που μεταναστεύουν μεταξύ Ευρώπης και Αφρικής (Marti & Del Moral, 2003). Η αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με μείωση της βροχοπτώσεως, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των καλλιεργούμενων αυτών εκτάσεων ρυζιού και της παραγωγής προϊόντος. Επομένως, η κλιματική αλλαγή πιθανώς να επιφέρει πέρα από μείωση της παραγωγής, οικονομική δυσμένεια σε αγρότες-παραγωγούς μα και την έλλειψη οικοσυστημάτων σημαντικών για μεγάλο πληθυσμό μεταναστευτικών πτηνών (Sánchez-Guzmán et al., 2007). Η περιοχή της Εστρεμαδούρα διαρρέεται από τον ποταμό Γουαδιάνα. Ο Γουαδιάνα έχει μία λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης περί τα 27.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα, μεγάλο μέρος της οποίας βρίσκεται εντός της Εστρεμαδούρα (το υπόλοιπο μέρος αυτής βρίσκεται επί το πλείστον, εντός της περιοχής της Καστίλλης-Μάντσα). Μελέτες που έχουν γίνει για τη συγκεκριμένη περιοχή, υπό την αιγίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος

της Ισπανίας, έχουν αναδείξει τα παρακάτω στοιχεία αναφορικά με τη συγκεκριμένη περιοχή (Varela-Ortega et al., 2016):

- Η έως τώρα μέση ετήσια θερμοκρασία των 16°C έχει παρουσιάσει μικρή άνοδο τους καλοκαιρινούς μήνες και εκτιμάται πως ως το 2030 θα αυξηθεί κατά 1°C, ενώ ως το 2060 κατά 2.5-4°C.
- Η έως τώρα μέση ετήσια βροχόπτωση ύψους 521 mm έχει παρουσιάσει μικρή μείωση τους καλοκαιρινούς μήνες και εκτιμάται πως ως το 2030 θα μειωθεί κατά 5%, ενώ ως το 2060 κατά 8-15%.
- Συνήθη ακραία καιρικά φαινόμενα της περιοχής είναι οι περίοδοι ξηρασίας και οι ακραία έντονες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου. Οι περίοδοι ξηρασίας έως τώρα συνέβαιναν συνήθως ανά πενταετία, αναμένεται να αυξηθούν σε ένταση, συχνότητα και χρονική διάρκεια, ενώ οι βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και τη άνοιξης αναμένεται να μειωθούν αισθητά.
- Η μειωμένη ογκομετρική παροχή του ποταμού σε νερό, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εκτιμάται ότι θα μειωθεί περαιτέρω και συγκεκριμένα κατά 11% ως το 2030 και 17-22% ως το 2060. Εκτιμάται, επίσης, πως θα προκύψουν μεγάλες ελλείψεις σε υδάτινους πόρους χρήσιμους στην ύδρευση και άρδευση της περιοχής.
- Η ελαφρώς αυξημένη ανάγκη και η μικρή πτώση της συγκομιδής των καλλιεργειών αναμένεται να αυξηθούν περαιτέρω μέσα στα επόμενα χρόνια, ενώ οι καλλιέργειες βασισμένες στις βροχοπτώσεις ίσως να χρειαστεί να μειωθούν αισθητά ή να αντικατασταθούν από άλλες λιγότερο ευάλωτες.



Σχήμα 9 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας στον οποίο φαίνεται η περιοχή της Εστρεμαδούρα με κόκκινο χρώμα. Σχήμα 10 (δεξιά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο με έντονα χρώματα γεωγραφικού ανάγλυφου φαίνεται η λεκάνη απορροής του ποταμού Γκουαδιάντα. Πηγή: wikipedia.org

Νότια της Εστρεμαδούρα, η περιοχή της Ανδαλουσίας διαρρέεται από τον ποταμό Γουαδαλκιβίρ. Ο Γουαδαλκιβίρ, για χιλιετίες, παρείχε τεράστιες ποσότητες υδάτων για άρδευση τεράστιων εκτάσεων με αγροτικές καλλιέργειες αγαθών, τα οποία ευδοκιμούν σε μεσογειακό κλίμα. Τέτοια είναι η ελιά, διάφορα λαχανικά, τα ζαχαροκάλαμα, το βαμβάκι, το ρύζι, το κριθάρι, πολλών ειδών οπωροκηπευτικά και εσπεριδοειδή κ.ά. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες η εντατικοποίηση της άρδευσης στην περιοχή, έχει οδηγήσει σε μερική αποστράγγιση των υδροφόρων οριζόντων, συνθήκη η οποία έρχεται να επιδεινωθεί από τη μείωση των διαθέσιμων υδάτων λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, με κάποιες επιστημονικές έρευνες να κάνουν λόγο για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη χώρα κατά 0.4°C το χειμώνα και κατά 0.7°C το καλοκαίρι. (Moreno, 2005) Κάποιες σχετικές μελέτες αναφέρουν ότι σε εθνικό επίπεδο, οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι για ύδρευση και άρδευση θα μειωθούν κατά 17%, ενώ στο Γουαδαλκιβίρ συγκεκριμένα το αντίστοιχο ποσοστό ενδέχεται να φτάσει στο 34%. (Ayala, 2002) Καθώς, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες ανάγκες αρδευτικής κατανάλωσης των καλλιεργειών, σε συνδυασμό με την εντονότερη παρουσία περιόδων ξηρασίας και έντονων καταιγίδων (τους χειμερινούς μήνες κυρίως), δημιουργείται ένα δυσμενές σκηνικό για την αγροτική παραγωγή και οικονομία του ισπανικού νότου (Camacho, 2005). Σύμφωνα με μελέτες των τελευταίων ετών, οι αρδευτικές ανάγκες στην Ανδαλουσία αναμένεται να αυξηθούν έως και 23% σε ορισμένες περιοχές μες στις επόμενες δεκαετίες, λόγω της αναμενόμενης πτώσης των βροχοπτώσεων. (Diaz et al., 2007) Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως προβλήματα σχετικά με τα επίπεδα παροχής ύδατος από τον ποταμό, ξεκινούν ίσως ήδη από τη δεκαετία του 1980, καθώς από την περίοδο 1985-2006, μόλις οχτώ χρονιές οι αγρότες των περιοχών είχαν πλήρες δικαίωμα στις ποσότητες νερού που τους αντιστοιχούσαν δεδομένων των εκτάσεων και των καλλιεργειών και τους παρέχονταν από την κρατική εταιρία ύδρευσης. Υπήρξαν πέντε έτη στη διάρκεια της προαναφερθείσας περιόδου (1985-2016), κατά τα οποία οι αγρότες της Ανδαλουσίας απέκτησαν παροχή μόλις στο ένα τρίτο ή και λιγότερο της ποσότητας νερού που δικαιούνταν με βάση το υπάρχον νομικό πλαίσιο για άρδευση των καλλιεργειών τους. Πολύ λιγότερο από αυτό το ποσοστό αξιοποιήθηκε τις χρονιές 1992 και 1996 όπου ο ισπανικός νότος υπέφερε από έντονη ξηρασία, ενώ το 1995 πολλοί αγρότες δεν είχαν πρόσβαση σε παροχή νερού λόγω ανυδρίας (Camacho, 2005). Μεγάλη άνοδος της θερμοκρασίας, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται τον Μάιο και τον Ιούνιο, με ελαφρώς πιο μέτριες αυξήσεις τον Απρίλιο και τον Ιούλιο. Η τάση με το υψηλότερο μέγεθος βρέθηκε τον Μάιο (0,7-0,95°C την προηγούμενη δεκαετία). Οι περιοχές της Ανδαλουσίας με απότομη αύξηση της θερμοκρασίας είναι η ζώνη μεταξύ της κοιλάδας του Γουαδαλκιβίρ και της οροσειράς Σουμπέτικα (κυρίως στις επαρχίες της Κόρδοβα και της Χαέν), η περιοχή Αρασένα στα βόρεια της επαρχίας της Ουέλβα και το ανατολικότερο τμήμα της επαρχίας της Αλμερία. Οι

ετήσιες θερμοκρασίες έχουν αυξηθεί κατά 0,15–0,45°C την προηγούμενη δεκαετία (Canó et al., 2019). Τάσεις υψηλών θερμοκρασιών επικρατούν στο κοιλάδα του Γουαδαλκιβίρ, μια περιοχή με πολύ μεγάλη γεωργική καλλιέργεια (ειδικότερα ελιάς) μαζί με ανώμαλη (για τα έως τώρα δεδομένα της εποχής) κατανομή βροχοπτώσεων, αύξηση της εξάτμισης-διαπνοής των φυτικών οργανισμών και των περιόδων ξηρασίας (Skarbit et al., 2018).

Στην ευρύτερη περιοχή της Ανδαλουσίας υπολογίζεται ότι θα αυξηθούν τα δαπανηθέντα ενεργειακά ποσά κλιματισμού, λόγω της αυξημένης ανάγκης του στα κτήρια, σε επίπεδα που θα ξεπερνούν το 10% μέχρι το τέλος του αιώνα, και στο χειρότερο σενάριο μπορούν να υπερβουν το 30%, συγκριτικά με τα μέσα ενεργειακά στοιχεία κλιματισμού της περιοχής, κατά την περίοδο 1985-1999. Τα τμήματα που θα υποστούν άσχημη κλιματική επιδείνωση ως το τέλος του αιώνα υπολογίζονται συνολικά στο 64,5-84,5% της ανδαλουσιανής γεωγραφικής έκτασης και βρίσκεται κυρίως σε παράκτιες και χαμηλού υψομέτρου περιοχές. Έτσι, στις επόμενες δεκαετίες θα υπάρξει σταδιακή αντικατάσταση των αναγκών θέρμανσης από ανάγκες ψύξης στα κτήρια της περιοχής. Αυτές οι αλλαγές θα είναι πιο αισθητές στις ηπειρωτικές ζώνες, και ιδιαίτερα στην χαμηλές περιοχές της κοιλάδας του Γουαδαλκιβίρ και θα αποτελέσουν ουσιαστική αιτία για αναθεωρήσεις στην ενεργειακή πολιτική, τον περιφερειακό σχεδιασμό και τη στέγαση (Limones-Rodríguez et al., 2018).

Η κλιματική αλλαγή στην Ανδαλουσία προβλέπεται να επηρεάσει άμεσα και αρνητικά στην παραγωγή γεωργικών καλλιεργειών, ειδικά στις καλλιέργειες θερινών βροχοπτώσεων όπως ο ηλίανθος, ως αποτέλεσμα της μείωσης της βροχόπτωσης και της αύξησης της θερμοκρασίας. Η ικανότητα εμφανίζεται ως συνέπεια της υψηλής μεταβλητότητας των χαρακτηριστικών του εδάφους και της κλιματικής κατάστασης στην Ανδαλουσία. Αυτή η υψηλή μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης καταδεικνύει τη σημασία της χρήσης των εδαφικών παραγόντων, του κλίματος και των πληροφοριών της καλλιέργειας σε συνδυασμό με τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαμόρφωση συγκεκριμένων τοποθεσιών στρατηγικές χρήσης του εδάφους και διαχείρισης. Οι μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ικανότητα της γης και η μείωση της απόδοσής της πρέπει να ληφθούν επαρκώς υπόψη. Οι εργασίες πρέπει επίσης να εστιαστούν στο δυναμικό των γεωργικών πρακτικών μετριασμού ορισμένων εξ αυτών των αποτελεσμάτων, ή για αντικατάσταση εναλλακτικών καλλιεργειών ηλίανθος, για τη βελτίωση του μελλοντικού σχεδιασμού για τη γεωργική αιεφορία (Abd-Elmabod et al., 2020).

Έχει παρατηρηθεί πως η αυξημένη θερμοκρασία των τελευταίων ετών στην περιοχή έχει υπάρξει κύριος παράγοντας επιρροής στην πρόοδο του φυλλώματος των εσπεριδοειδών, της άνθησης και της ωρίμανσης των φρούτων, καθώς εξαιτίας αυτής καθυστερούν οι ημερομηνίες πτώσης των φύλλων, ενώ τα ποώδη είδη επηρεάζονται περισσότερο συγκριτικά με τα είδη δέντρων, από αλλαγές στα μοτίβα βροχόπτωσης. Τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να παρέχουν μια γενική ιδέα για το πώς η μελλοντική αλλαγή του κλίματος ενδέχεται να σταθεί βασικός παράγοντας αλλαγών στη βιοποικιλότητα (Cohen et al., 2014). Επιπλέον, οι μελλοντικές εκτιμήσεις δείχνουν, γενικά, μια σημαντική μείωση στην κατάλληλη περιοχή και την

παραγωγικότητα της ελιάς, σε σύγκριση με τις τρέχουσες συνθήκες, για έξι από τις επτά ποικιλίες ελιάς που καλλιεργούνται στην Ανδαλουσία, ιδίως λόγω των ξηρότερων συνθηκών το φθινόπωρο (Arenas-Castro et al., 2020). Με βάση περιβαλλοντικές μελέτες για την Ανδαλουσία, εκτιμάται ότι θα υπάρξουν μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών αραβοσίτου έως το τέλος του 21ου αιώνα μεταξύ 6 και 20%, μείωση έως και 25% στις ανάγκες σε νερό άρδευσης των συγκεκριμένων καλλιεργειών και αύξηση της παραγωγικότητας του νερού άρδευσης έως και 22%, λόγω πρόωμης ωρίμανσης και κλεισίματος των πόρων του φυτού, το οποίο προκαλείται από την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Όταν εξετάστηκαν, στα πλαίσια πρόσφατης επιστημονικής έρευνας, στρατηγικές προσαρμογής που συνδυάζουν πρόωμη συγκομιδή και αλλαγές ποικιλίας, οι επιπτώσεις αντισταθμίστηκαν και η απόδοση του αραβοσίτου αυξήθηκε έως και 14%, σε σύγκριση με τη μέση ετήσια παραγωγή της τριακονταετίας 1981-2010, επιτυγχάνοντας παράλληλα μειώσεις στις ανάγκες του νερού άρδευσης των καλλιεργειών. Η προσαρμογή είχε ως αποτέλεσμα τη συνολική μείωση των ακραίων ζημιών λόγω υψηλών θερμοκρασιών σε όλες τις τοποθεσίες, με εξαίρεση την περιοχή της Γρανάδας, όπου οι απώλειες περιορίστηκαν στο 8% (Gabaldón-Leal et al., 2015). Ενδεχομένως, ανάλογες μελέτες και για άλλες μορφές καλλιέργειας να έχουν ανάλογα αποτελέσματα, τα οποία να αντισταθμίσουν, μελλοντικά σε εφαρμογές τους, τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.



Σχήμα 11 (αριστερά): Χάρτης της Ανδαλουσίας, στον οποίο φαίνεται ο ποταμός Γουαδαλκιβίρ με τις λεκάνες απορροής του, καθώς και οι υπόλοιποι μικρότεροι ποταμοί εντός της περιοχής. Πηγή: <http://3.bp.blogspot.com/>. Σχήμα 12 (δεξιά): Χάρτης με το γεωγραφικό ανάγλυφο της περιοχής, όπου διακρίνεται η λεκάνη απορροής του Γουαδαλκιβίρ, η οποία βρίσκεται σχεδόν εξολοκλήρου εντός της Ανδαλουσίας. Πηγή: <https://ontheworldmap.com/>

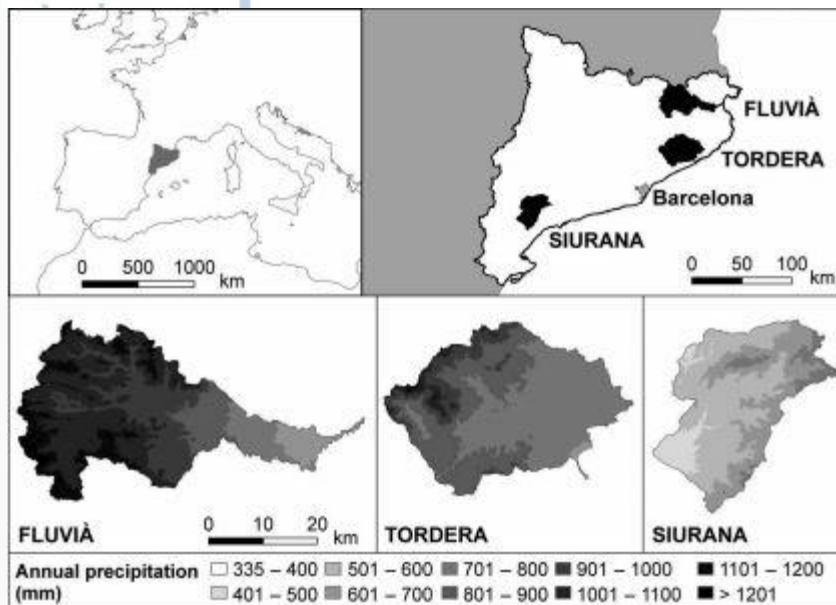
Καταλονία

Για την περιοχή της Καταλονίας στη ΒΑ Ισπανία (συνολικής εκτάσεως 32.108 km²), σε έρευνα που έγινε πριν από μερικά χρόνια, αποδείχθηκε ότι οι κλιματικές μεταβολές της περιοχής έχουν άμεση επίδραση στις πυρκαγιές της συγκεκριμένης περιοχής, τόσο στο έναυσμα όσο και στη συντήρηση αυτών. Αναλυτικότερα, ο αριθμός πυρκαγιών και οι καμένες εκτάσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις μέγιστες θερινές θερμοκρασίες καθώς και με τη βροχόπτωση του συγκεκριμένου έτους.

Μεγάλο ρόλο ακόμα παίζουν οι θερμοκρασίες και οι βροχοπτώσεις της τελευταίας διετίας, καθώς επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα (δηλαδή την ευφλεκτότητα) της καύσιμης ύλης. Μία περίοδος ξηρασίας είναι συνήθως αναγκαία συνθήκη ώστε να υπάρξει απαραίτητη ποσότητα για το έναυσμα μία πυρκαγιάς. Οι μεσογειακοί θάμνοι (Mediterranean scrubs) (οι οποίοι υπάρχουν σε μεγάλες εκτάσεις της Καταλονίας) χαρακτηρίζονται ως αρκετά εύφλεκτα ύλη σε υψηλές θερμοκρασίες, διότι ξηραίνονται αρκετά γρήγορα, ενώ οι κορμοί μεγάλων δέντρων ενδεχομένως να χρειάζονται ως και μήνες ξηρών συνθηκών ώστε να ξηραθούν το ίδιο. Επίσης, το μεσογειακό κλίμα είναι αρκετά ξηρό ώστε να υπάρξει πληθώρα ανομοιομορφίας εύφλεκτης ύλης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Turco et al., 2013).

Είναι προφανές, λοιπόν, πως η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας των επόμενων χρόνων (ειδικά στις περιοχές του ισπανικού νότου και των Κανάριων Νήσων) θα οδηγήσουν σε αύξηση και μεγαλύτερη ένταση πυρκαγιών και καμένων εκτάσεων (Pausas, 2004). Στο μέλλον, αναμένεται ότι ένα θερμότερο και ξηρότερο κλίμα μπορεί να επηρεάσει τις πυρκαγιές δραστηριότητα όχι μόνο οδηγώντας σε ευνοϊκότερες συνθήκες καύσης, αλλά και τροποποίηση της δομής του καυσίμου (διαθεσιμότητα και συνέχεια) προς καύση (Hessl, 2011). Πολλές εκτιμήσεις δείχνουν μια σημαντική και ισχυρή αύξηση των θερμοκρασιών, έως $+4^{\circ}\text{C}$ στα τέλη του αιώνα, σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, με σημαντική αύξηση των μηνών με υψηλές θερμοκρασίες και μείωση των μηνών με χαμηλές θερμοκρασίες. Όσον αφορά τη βροχόπτωση, οι προβλεπόμενες τάσεις δεν είναι τόσο ισχυρές. Επίσης, προβλέπεται μέση ετήσια μείωση του υετού έως και 17% μέχρι το τέλος του αιώνα, ενώ υπάρχει ένα πιθανό ενδεχόμενο η οροσειρά των Πυρηναίων να είναι η περιοχή της Ισπανίας με τις μεγαλύτερες αλλαγές, οι παράκτιες περιοχές να είναι αυτές με τις μικρότερες αλλαγές και το εσωτερικό της χώρας να εξελιχθεί σε ζώνη μετάβασης μεταξύ των δύο περιοχών (Barrera-Escoda et al., 2011). Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους σε τρεις περιοχές λεκανών απορροής της Καταλονίας (Φλουβιά, Τορδέρα και Σιουράνα), περιλαμβάνουν μια μεγάλη αλλαγή, εντός των επόμενων δεκαετιών, στο διαθέσιμο γλυκό νερό. Επισημαίνεται σε μελέτες, ότι μελλοντικά θα υπάρξει μία αισθητή μείωση της ογκομετρικής παροχής νερού στα ρεύματα (και γενικότερα στις λεκάνες απορροής αυτών των περιοχών, ιδιαίτερα στις Φλουβιά και Τορδέρα), τόσο κατά τους φθινοπωρινούς όσο και τους θερινούς μήνες.

Η αναμενόμενη μείωση της εξάτμισης-διαπνοής της χλωρίδας κατά τη διάρκεια του τρέχοντος αιώνα θα επηρεάσει αισθητά την ανάπτυξη, και τη διανομή της βλάστησης. Επιπλέον, η ποιότητα των παραποτάμιων οικοσυστημάτων θα επιδεινωθεί από την αυξανόμενη συχνότητα ροών κάτω από οικολογικές ροές. Επιπλέον, βάσει μελετών αποκαλύφθηκε μεγαλύτερη ευπάθεια των λεκανών απορροής στη βόρεια Καταλονία, οι οποίες ενδέχεται να επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή, παρά την προφανώς καλή υδρολογική τους κατάσταση. Τα οικοσυστήματα στις λεκάνες φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα σε αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες από άλλα ξηρότερα, τα οποία είναι καλύτερα προσαρμοσμένα σε ξηρές συνθήκες (Pascual et al., 2015)



Σχήμα 13: Η γεωγραφική θέση της Καταλονίας, οι τοποθεσίες -εντός της- τριών λεκανών απορροής και οι επιμέρους μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις (σε mm) κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα. Πηγή: (Pascual, 2015).

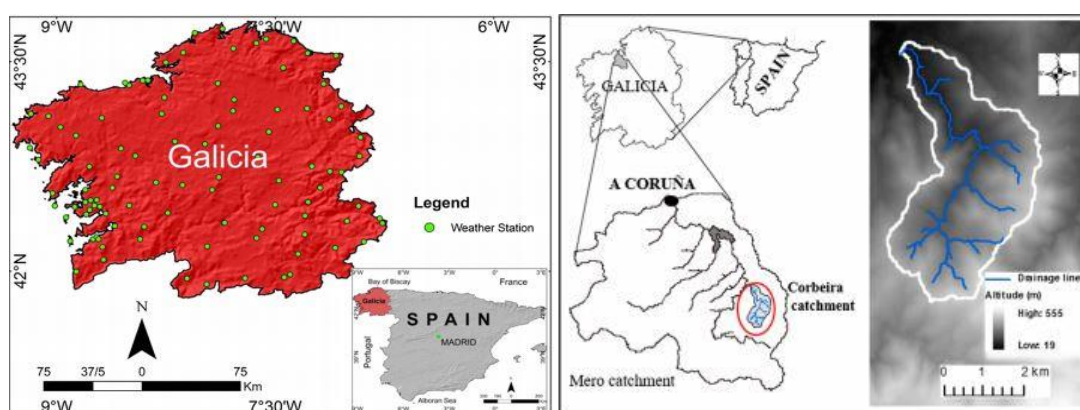
Γαλικία

Στο βορειοδυτικό κομμάτι της Ισπανίας, και συγκεκριμένα στη Γαλικία, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής και ειδικότερα την ακτογραμμή της. Η υψηλή ποιότητα και η εύκολη διαθεσιμότητα υπογείων υδάτων στην ακτογραμμή της Γαλικίας, σε συνδυασμό με τα χαμηλά βάθη των υδροφόρων οριζόντων, είχαν ως αποτέλεσμα την (επί αιώνες) ευρέως διαδεδομένη χρήση των προσβάσιμων αυτών πόρων από τον κόσμο της περιοχής. Τα υπόγεια νερά απεδείχθησαν ως η βέλτιστη πηγή ύδρευσης στις αγροτικές περιοχές (Raposo et al. 2012). Η διάσπαρτη κατανομή των υδάτινων πόρων έρχεται σε συμφωνία με την επίσης διάσπαρτη κατανομή των παραδοσιακών οικισμών καθώς περίπου το 40% του πληθυσμού ζει σε μικρά αγροτικά χωριά με λιγότερους των 500 κατοίκων ή σε απομονωμένα σπίτια. Έτσι, οι προσβάσιμοι πόροι ύδρευσης και άρδευσης μπορεί να βρίσκονται κοντά στις υπάρχουσες ανάγκες κατανάλωσης, μειώνοντας τις δυσκολίες μεταφοράς νερού. Σύμφωνα με την τοπική κυβέρνηση της Γαλικίας, το 75% των κατοίκων χρησιμοποιούν νερό προερχόμενο από υπόγειους ορίζοντες (παρά το ότι ο καταναλωθείς όγκος επιφανειακών υδάτων είναι μεγαλύτερος), με έναν στους τρεις εξ αυτών να χρησιμοποιεί ιδιωτικές ή κοινοτικές δομές άντλησης, όπως αντλίες σε πηγάδια εντός ιδιωτικών εκτάσεων. Λόγω του ρηχού τους ύψους, οι υδροφόροι ορίζοντες είναι ιδιαίτερα ευπαθείς σε περιόδους ξηρασίας, χαμηλών βροχοπτώσεων και υψηλών θερμοκρασιών, επιδεινώνοντας έτσι τις ήδη ξηρές καλοκαιρινές περιόδους. Υπολογίζεται ότι το ¼ του γαλικιακού πληθυσμού θα αντιμετωπίσει ενδεχομένως πρόβλημα υδροδότησης μέσα στα επόμενα χρόνια (Raposo et al. 2013).

Στη Γαλικία τα καλοκαίρια είναι ζεστά με μέση θερμοκρασία περί τους 20°C και οι χειμώνες ήπιοι με μέση θερμοκρασία περί τους 6°C. Λόγω της κλιματικής αλλαγής, προβλέπεται αύξηση κατά 1,35°C της μέσης καλοκαιρινής θερμοκρασίας μέσα στα επόμενα 20 χρόνια, ενώ η μέγιστη αύξηση κατά 1,89°C αναμένεται κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Η χαμηλότερη αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται κατά τη διάρκεια της φθινοπωρινής περιόδου, και υπολογίζεται στους 0,81°C. Επίσης, η σχετική υγρασία της περιοχής αναμένεται να αυξηθεί κατά μέσο όρο από 7% έως 10% και από 18% έως 21%, για χειμώνα και καλοκαίρι, αντίστοιχα. Ως εκ τούτων, η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας μπορεί να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στις συνθήκες διαβίωσης των κατοίκων καθώς και αύξηση των περιοχών υψηλού κινδύνου. Για τις περιοχές υψηλού κινδύνου έχει προταθεί, βάσει μελετών, να αλλάξουν τα οικοδομικά υλικά κατασκευής και τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού των κτηρίων για την πρόληψη επικίνδυνων καταστάσεων, καθώς και τη μείωση την κατανάλωση ενέργειας (Orosa et al., 2014). Επίσης, εδώ πρέπει να γίνει αναφορά στο ότι οι αυξήσεις των θερμοκρασιών, της υγρασίας καθώς και της περιόδου ξηρασίας δημιουργούν δυσκολότερες συνθήκες για την αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας. Σε πρόσφατη έρευνα αναφορικά με την περιοχή της Γαλικίας και μελετώντας χρονικό διάστημα μίας 20ετίας (1983-2013), αποδείχθηκε ότι οι ξηρασίες και περίοδοι υψηλών θερμοκρασιών επηρέασαν αρνητικά ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού (ειδικά στο εσωτερικό της περιοχής, όπου τα φαινόμενα αυτά ήταν εντονότερα), καθώς πολλοί άνθρωποι με αναπνευστικά και καρδιολογικά προβλήματα υπέφεραν ή έφτασαν στο θάνατο εξαιτίας των παραπάνω συνθηκών (Salvador et al., 2019).

Πρόσφατα, αποδείχθηκε ότι οι ποσότητες των φερτών ουσιών (ιζημάτων) σε ποταμούς και ρεύματα είναι ευμετάβλητες σε αλλαγές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων στην λεκάνη απορροής της Κορμπέιρα, στη Γαλικία. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ιζήματα αποδεικνύονται σημαντικές. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως αναμένεται πτώση στα φερτά ιζήματα κατά 11% και 8% για τις περιόδους 2031–2060 και 2069–2098, αντίστοιχα, ενώ ενδέχεται περαιτέρω μείωση έως και 42% (στη χειρότερη περίπτωση) ως τα τέλη του αιώνα. Προβλέπεται, επίσης, αύξηση της διάβρωσης του εδάφους σε καλλιεργούμενες περιοχές εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας, η οποία μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο, καθώς η διάβρωση του εδάφους είναι επί του παρόντος υψηλότερη από το μέσο ρυθμό σχηματισμού εδάφους στην Ευρώπη και ως εκ τούτου, κάτω από ένα πιθανό σενάριο αλλαγής του κλίματος, τα υπάρχοντα προβλήματα θα επιδεινωθούν. Τα παραπάνω δεδομένα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό σχεδίων διαχείρισης για τη λεκάνη απορροής κατά τα επόμενα χρόνια (Rodríguez-Blanco et al., 2016). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες των τελευταίων ετών σε πολλές περιοχές της γαλικιακής ακτογραμμής έχουν αλλάξει σημαντικά το ανάγλυφο της χλωρίδας, με τους επιστήμονες να παρατηρούν ότι πολλοί θαλάσσιοι φυτικοί οργανισμοί (όπως κάποια είδη φυκιών), οι οποίοι ευδοκιμούν σε ψυχρά κλίματα, μειώνονται. Αντιθέτως, αυξάνονται φυτικοί οργανισμοί, οι οποίοι ευδοκιμούν σε θερμότερα κλίματα, όπως σε περιοχές στο νότιο τμήμα της χώρας (Vale et al., 2021), ενώ για τον ίδιο λόγο, δείχνουν να αυξάνονται οι παράκτιοι

πληθυσμοί του πλαγκτόν στη Γαλικία, με βάση τα προηγούμενα χρόνια (Bode et al., 2009). Με τη σειρά τους, οι συνθήκες αυτές επηρεάζουν την πληθυσμιακή σύσταση της θαλάσσιας πανίδας, καθώς προσδιορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων (η οποία μειώνεται λόγω της αύξησης της θαλάσσιας θερμοκρασίας) των θαλάσσιων περιοχών (Pineiro-Corbeira et al., 2016). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της ιχθυοκαλλιέργειας μυδιών, ο πληθυσμός των οποίων έχει μειωτική τάση λόγω τη κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων αυτής (αύξηση θαλάσσιας θερμοκρασίας, μείωση κυκλοφορίας υδάτινων μαζών κ.ά), κάτι που ενδεχομένως μελλοντικά να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομική βιωσιμότητα του κλάδου (Rodríguez-Rodríguez et al., 2017).



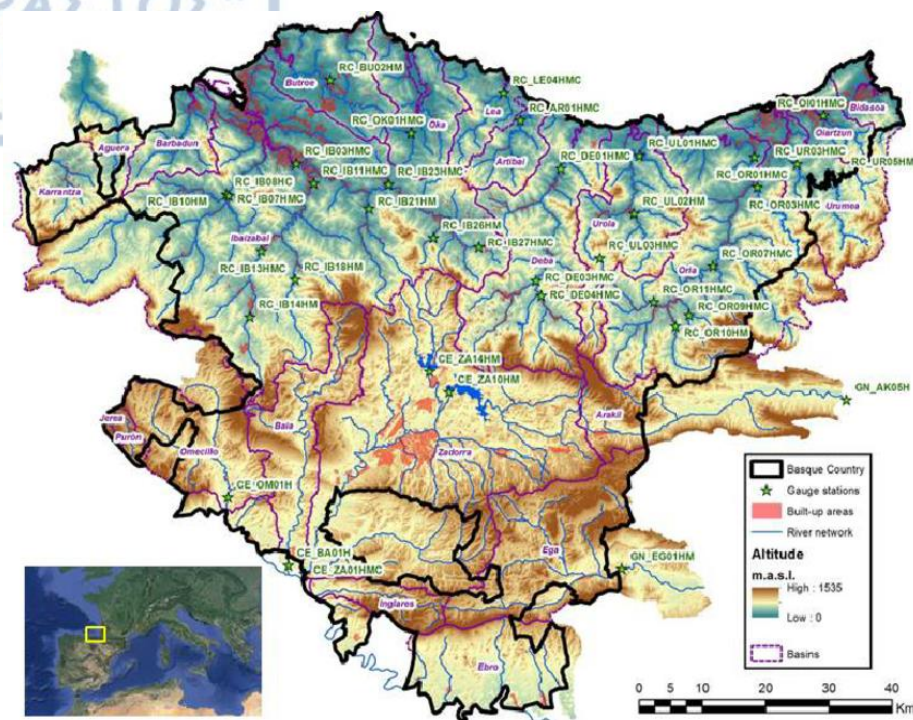
Σχήμα 14 (αριστερά): Χάρτης της Γαλικίας και η τοποθεσία της περιοχής αυτής εντός της Ισπανίας (Orosa et al., 2014). Σχήμα 15 (δεξιά): Η τοποθεσία της λεκάνης απορροής της Κορμπέιρα εντός της Γαλικίας και το υψομετρικό της ανάγλυφο (Rodríguez-Blanco et al., 2016).

Χώρα των Βάσκων

Η τάση της μέσης ετήσιας ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας τον 20^ο αιώνα στη βόρεια Ιβηρική χερσόνησο ήταν κυρίως αύξουσα, με ρυθμό 0,09-0,16°C ανά δεκαετία ενώ την περίοδο 1973–2005, η εκτιμώμενη αύξηση ήταν 0,51°C ανά δεκαετία. Μελέτες των τελευταίων δεκαετιών, δείχνουν αύξουσα τάση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας στη Χώρα των Βάσκων, η οποία βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της Ισπανίας. Αναμένεται ότι εντός του 21^{ου} αιώνα οι μέγιστες θερμοκρασίες να αυξηθούν, και ειδικά τις καλοκαιρινές περιόδους κατά 2-4°C (Chust et al., 2007). Επιπλέον, εκτιμάται ότι οι περίοδοι καύσωνα θα γίνουν μεγαλύτερες σε διάρκεια και ένταση, η θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία του Βισκαϊκού Κόλπου θα αυξηθεί μεταξύ 1,5 και 2,05°C. Παράλληλα, το επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης στο Βισκαϊκό Κόλπο αναμένεται να αυξηθεί κατά 0,29-0,49 m έως τα τέλη του 21ου αιώνα, ως αποτέλεσμα της ογκομετρικής αύξησης των υδάτινων μαζών της θαλάσσιας αυτής περιοχής (λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας, καθώς και της τήξης των αρκτικών πάγων. Αυτό αναμένεται να επηρεάσει τις παράκτιες περιοχές της

χώρας των Βάσκων και να απαιτείται αναδιαμόρφωση μέρους της παραλιακής της γραμμής (Borja et al., 2009). Ωστόσο, άλλες μελέτες δείχνουν ότι το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας κατά μήκος των ακτών του Βισκαϊκού, θα μείνει ίδιο ή θα μειωθεί λόγω της αύξησης της χειμερινής ατμοσφαιρικής πίεσης στη Νότια Ευρώπη (Marcos et al., 2012). Η περιοχή εκτιμάται πως δε θα επηρεαστεί από έντονα φαινόμενα καταιγίδων μέσα στις επόμενες δεκαετίες καθώς τέτοια φαινόμενα προβλέπεται πως θα επηρεάσουν κυρίως τμήματα της βόρειας Ευρώπης (Jordà et al., 2012). Επίσης, η υψηλότερη θαλάσσια θερμοκρασία ενδεχομένως να δημιουργήσει συνθήκες μεγαλύτερης έντασης και συχνότητας κυμάτων, το οποίο πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στις μελέτες αναφορικά με τις παράλιες περιοχές. Επίσης, οι μελλοντικές έρευνες επιβάλλεται να επικεντρωθούν και στις ιζηματικές εκβολές των υδροφόρων οριζόντων και στο πως αυτές τείνουν να διαμορφωθούν (Gonzalez et al., 2004). Μελέτες που έγιναν σε μία μικρή κοιλάδα της Χώρας των Βάσκων έδειξαν ότι η ταχύτητα απορροή και τα ιζήματα θα μειώνονταν κατά 0,13-0,94 m³/s και 0,11-0,57 τόνους, αντίστοιχα, για κάθε χρόνο έως το 2100.

Αυτές οι διακυμάνσεις στην ετήσια απόδοση ιζημάτων σχετίζονται στενά με τις αλλαγές στην καθίζηση. Παρόλα αυτά, αυτή η πρώτη προσπάθεια εκτίμησης μελλοντικών αποδόσεων ιζημάτων στην περιοχή θα μπορούσε να είναι ένα χρήσιμο σημείο εκκίνησης για τη διερεύνηση μελλοντικών υδρολογικών επιπτώσεων στην περιοχή (Zabaleta et al., 2014). Μελέτες του 21ου αιώνα για τη Χώρα των Βάσκων αναφέρουν μια μικρή μείωση στη μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής (max 1% ανά δεκαετία, συγκριτικά με τη μέση ετήσια βροχόπτωση των προηγούμενων δεκαετιών) και μικρή αύξηση στις ακραίες ημερήσιες βροχοπτώσεις (10%). Η αλλαγή στα έως τώρα μοτίβα βροχοπτώσεων ενδεχομένως να επηρεάσει την ακτογραμμή, όπως και την αναπαραγωγή των θαλάσσιων οργανισμών της περιοχής, δεδομένου ότι αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ωοτοκία κάποιων ιχθυολογικών ειδών. Οι παραλίες αναμένεται να υποχωρήσουν κατά μήκος της ακτογραμμής μεταξύ 25 και 40% του πλάτους τους, κάτι το οποίο συνδέεται άμεσα με τη διάβρωση που θα δημιουργηθεί λόγω της διαφοροποίησης στις ιζηματικές εκβολές, την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης και τη μεγαλύτερη ένταση της κυματικής δραστηριότητας (Chust et al., 2011). Αυτό αποκτά μεγάλη σημασία, αν ληφθεί υπόψη ότι στο δυτικό κομμάτι της βάσκινης ακτογραμμής το 50% των περιοχών είναι αστικοποιημένο και κατοικείται από περισσότερο από 1.000.000 ανθρώπους (Marcos et al., 2012). Τα παραπάνω στοιχεία μελλοντικά θα επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό και τη θαλάσσια βιοποικιλότητα της βορείου Ισπανίας, καθώς τα εκεί οικοσυστήματα θα κληθούν να προσαρμοστούν σε νέες κλιματολογικές συνθήκες. Οι φυσικοί βιότοποι ενδέχεται να υποφέρουν από τη μείωση των ενδιαιτημάτων, τη μετανάστευση του εδάφους ή τη διάβρωση που προκαλείται (Chust et al., 2010).



Σχήμα 16: Τοπογραφικός χάρτης της Χώρας των Βάσκων, στον οποίο διακρίνεται το υψόμετρο, οι λεκάνες απορροής και οι ποταμοί της περιοχής. Κάτω αριστερά, φαίνεται η τοποθεσία της περιοχής στην Ισπανία και την Ευρώπη. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>

Αραγονία

Η Αραγονία είναι περιοχή στο βορειοανατολικό τμήμα της Ισπανίας, δυτικά της Καταλονίας και συνολικής έκτασης 47.720 km² (Álvarez, 2002). Με βάση τις επιστημονικές παρατηρήσεις σε ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής, η θερμοκρασία, τις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, είχε μία αυξητική τάση (1,5°C-2,5°C). Εκτιμάται, επίσης, πως ως το τέλος του αιώνα, η θερμοκρασία θα έχει αυξηθεί από 1,75°C ως 3,75°C, συγκριτικά με τα ως τώρα δεδομένα. Η βροχόπτωση αναμένεται να μειωθεί από 4,5% ως 5,5% έως το τέλος του αιώνα (Ribalaygua et al., 2013), καθώς, επίσης, θα υπάρξει μία αύξηση στις περιόδους ξηρασίας (Gaitán et al., 2020). Η περιοχή αυτή διαρρέεται από ένα εκ των μεγαλύτερων ισπανικών ποταμών, τον ποταμό Ίβηρα (Έβρο, στα ισπανικά), του οποίου το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής του βρίσκεται εντός της Αραγονίας. Η κλιματική αλλαγή, υπολογίζεται πως θα επιφέρει επιπτώσεις στις παραποτάμιες περιοχές του Ίβηρα, όπως μειωμένες αποθέσεις ιζημάτων, αυξημένη διάβρωση του εδάφους στις όχθες του ποταμού, αύξηση της περιεκτικότητας σε αλάτι των υδάτων στο δέλτα του ποταμού (λόγω αύξησης της θαλάσσιας στάθμης) και συνεπώς, μεγαλύτερη ευπάθεια της ποτάμιας βιοποικιλότητας (Fatoric & Chelleri, 2012).

Η διαχείριση των λεκανών απορροής νερών και ποταμών στην Ισπανία είναι πολύπλοκη και προκύπτουν αρκετά «συγκρουόμενα» μεταξύ τους ζητήματα που χαρακτηρίζονται από περιφερειακές κλιματολογικές αντιθέσεις, άνιση διαθεσιμότητα νερού και υψηλές απαιτήσεις νερού από διάφορες πηγές, όπως η γεωργία (ο

μεγαλύτερος τομέας χρήσης νερού), η βιομηχανία, η ενέργεια και η οικιακή χρήση (Bonolo et al., 2010). Η λειτουργία πολλών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων και φραγμάτων επιβάλλει τη χρήση σημαντικού τμήματος από τις ροές των ποταμών. Επιπλέον, σημαντικές απώλειες νερού λόγω εξάτμισης από ανοικτές πηγές υδάτων και λόγω εντατικής άρδευσης επικερδών καλλιεργειών, όπως τα ροδάκινα, (οι οποίες, ωστόσο, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού) έχουν οδηγήσει σε μειωμένες ροές των ποταμών (Subirats et al., 2002). Η αυξημένη ύπαρξη άλατος είναι επίσης ένα αυξανόμενο πρόβλημα και οφείλεται στην αυξημένη άντληση υπόγειων υδάτων, η οποία προκαλεί εισροή θαλασσινού νερού στους υδροφόρους ορίζοντες και έτσι, λόγω της άρδευσης υφάλμυρου νερού, συγκεντρώνονται άλατα σε καλλιεργήσιμα εδάφη. Η ιστορική χρήση εκχέρσωσης γης για άρδευση έχει επίσης εκθέσει μεγάλες περιοχές υποκείμενων τριτογενών αποθέσεων και υπογείων που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αλατόνερο, επιδεινώνοντας έτσι το πρόβλημα. Ωστόσο, η χρήση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στάγδην ενθαρρύνεται για να βοηθήσει στην ανακούφιση του προβλήματος (Bonolo et al., 2010).

Το δέλτα του Ίβηρα έχει οικολογική σημασία καθώς είναι ένας σημαντικός μεσογειακός υγρότοπος και οικότοπος πουλιών και ψαριών. Το δέλτα ήταν σε μεγάλο βαθμό φυσικό, χωρίς κάποια ανθρώπινη επίδραση, μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα. Στη συνέχεια, μεγάλες περιοχές υγροτόπων και λιμνοθαλασσών μετατράπηκαν σε ορυζώνες, οπωρώνες και καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών (Day et al., 2006). Η εναπόθεση των ιζημάτων μέσω των υδάτων άρδευσης έβαινε αυξητικά κάθε χρόνο έως και το 1960. Πλέον, υπάρχει μηδαμινή καθίζηση ιζήματος, και αυτό έχει οδηγήσει σε παράκτια υποχώρηση και μείωση της πεδιάδας του δέλτα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Négre et al., 2007). Επί του παρόντος, το 50% της έκτασης του δέλτα είναι κάτω από τη μέση θαλάσσια στάθμη και προστατεύεται από αναχώματα. Κατά συνέπεια, τα σχέδια διαχείρισης για τη λεκάνη του Έβρου πρέπει να εξετάσουν διάφορα προβλήματα, όπως η λειψυδρία, η ποιότητα του νερού, η διείσδυση σε αλμυρό νερό, η απώλεια υγροτόπων και άλλων ενδιαιτημάτων, ο ευτροφισμός και η ρύπανση.

Για την αντιμετώπιση ορισμένων εκ των προβλημάτων, το υπάρχον κυβερνητικό σχέδιο AGUA (Δράσεις για τη Διαχείριση και τη Χρήση του Νερού) δίνει έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση του νερού, τον εκσυγχρονισμό των αρδευόμενων γαιών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αφαλάτωσης και δείχνει την αρχή νέων πολιτικών διαχείρισης (Tàbara et al., 2008). Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένονται να επιδεινώσουν τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα της λεκάνης απορροής του Ίβηρα και για αυτό το λόγο είναι αναγκαίες η μελέτη μελλοντικών ενεργειών για τις προσαρμογές των περιοχών αυτών. Αναφορικά με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, των περιοχών του Ίβηρα, οι προταθείσες επιλογές οφείλουν να περιλαμβάνουν λύσεις σχετικά με επεξεργασία λυμάτων, έλεγχο της πρόσληψης νερού, επαναχρησιμοποίηση νερού, αγρό-περιβαλλοντικά μέτρα, εκσυγχρονισμό των αρδευόμενων περιοχών, βελτίωση των αστικών υδάτων, απομάκρυνση των μολυσμένων ιζημάτων, βελτίωση των ρυθμιστικών υποδομών για τη διασφάλιση της παροχής νερού και τον έλεγχο των

πλημμυρών, βελτιστοποίηση της υδροηλεκτρική εκμετάλλευσης και βελτίωση της διαχείρισης φαινομένων, όπως ξηρασίες και πλημμύρες (García-Vera, 2013).



Σχήμα 17 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο με κόκκινο χρώμα, φαίνεται η περιοχή της Αραγονίας. Σχήμα 18 (δεξιά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο με έντονα χρώματα φαίνεται η λεκάνη απορροής του ποταμού Ίβηρα. Πηγή: <https://en.wikipedia.org/>

Ναβάρρα & Ριόχα

Μεταξύ της Αραγονίας και της Χώρας των Βάσκων εκτείνονται οι περιοχές της Ριόχα και της Ναβάρρα, αθροιστικής έκτασης περί τα 15.400 km² και αμφότερες διοικητικά αυτόνομες (Álvarez, 2002). Κι οι δύο αυτές περιοχές βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής του Ίβηρα και διαρρέονται αμφότερες από αυτών. Συνεπώς, τα όσα αναφέρθηκαν για την περίπτωση της Αραγονίας, ισχύουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό και για τις περιοχές αυτές της βορειοανατολικής Ισπανίας.

Στη Ριόχα, οι κλιματολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από κρύες και υγρές χειμερινές περιόδους, με συχνές χιονοπτώσεις τόσο στις οροσειρές όσο και σε ορισμένες κοιλάδες, ενώ η καλοκαιρινή περίοδος είναι ξηρή και ζεστή, με ελάχιστες βροχοπτώσεις. Η άνοιξη και το φθινόπωρο χαρακτηρίζονται από ήπιες θερμοκρασίες και άφθονες βροχές, ειδικά την άνοιξη. Η ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται γενικά από -2°C τον Ιανουάριο έως 26°C τον Αύγουστο και σπάνια πέφτει κάτω -3°C ή αυξάνεται πάνω από 35°C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 400mm (Collepari et al., 2020). Σχεδόν το 62% της έκτασης της Ριόχα αποτελείται από δάση, στα οποία ευδοκμεί το δέντρο της οξιάς και υπάρχει προβληματισμός σχετικά με το πώς θα προσαρμοστούν τα δέντρα αυτά στις υψηλότερες θερμοκρασίες και τα χαμηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων, όπως προβλέπονται για τις επόμενες δεκαετίες, λόγω της κλιματικής αλλαγής (Robson et al., 2013). Σύμφωνα με μελέτες, αποδεικνύεται πως τα δάση της Ριόχα έχουν ήδη ανάγκη από ανθρώπινη παρέμβαση προκειμένου να αντισταθμιστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, εξαιτίας των οποίων μεγάλα δασικά τμήματα έχουν αρχίσει να υφίστανται νέκρωση, καθώς πολλά δέντρα ξεραίνονται και δε μπορούν να επιβιώσουν (Collepari et al., 2020). Επιπλέον, φόβοι εκφράζονται σχετικά και με την εξέλιξη της παραγωγής κρασιού στη Ριόχα, καθώς οι αμπελώνες θα επηρεαστούν άμεσα και αρνητικά από την κλιματολογική διαφοροποίηση στην περιοχή. Οινολόγοι μελετητές, ωστόσο, αναφέρουν πως

διαφοροποίηση στις μεθόδους κλαδέματος των αμπελώνων ενδέχεται να ελαχιστοποιήσει τις απώλειες στην παραγωγή των σταφυλιών (Zheng et al., 2017).

Σχετικά με τη Ναβάρρα, οι μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δημιουργούν προβληματισμό σχετικά με την πορεία της γεωργικής καλλιέργειας στην περιοχή. Πολλοί επιστήμονες κάνουν λόγο για διαφοροποίηση των μεθόδων αγροτικής παραγωγής και άρδευσης. Παραπέμπουν στη χρήση πιο συντηρητικής αγροτικής πολιτικής, όπως κυκλικής καλλιέργειας της γης και περιόδων αγρανάπαυσης με σκοπό την καλύτερη παραγωγική απόδοση των αγροτικών εκτάσεων (Antón et al., 2021). Σύμφωνα με μελέτες, οι έως τώρα αρδευτικές υποδομές στην περιοχή δεν ανταποκρίνονται στην αντιστάθμιση των κλιματικών αλλαγών για τους αγρότες παραγωγούς, οι οποίοι είναι αρκετά εκτεθειμένοι σε αυτές (Albizua et al., 2019a). Ενδεχομένως, αυτός να είναι και ο λόγος που ορισμένοι παραγωγοί αντικαθιστούν κάποιες έως τώρα καλλιέργειες με άλλες λιγότερα υδρολογικά δαπανηρές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εγκατάλειψη στην περιοχή καλλιέργειας σιτηρών κι η αντικατάστασή της με καλλιέργειες αμπελώνων, λαχανικών και οπωροκηπευτικών, οι οποίες χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού, συγκριτικά με τα σιτηρά, προκειμένου να καρποφορήσουν (Albizua et al., 2019b). Επίσης, η αυξημένη ανυδρία προηγούμενων ετών (αποτέλεσμα μειωμένων βροχοπτώσεων) σε συνδυασμό με την ελλειμματική άρδευση σε περιοχές της Ναβάρρα, έχει επιφέρει μεγαλύτερη διάβρωση του εδάφους, δημιουργώντας προβλήματα όχι μόνο στους αγρότες αλλά και σε άλλους επαγγελματικούς κλάδους σε διάφορα σημεία της περιοχής. Άλλο αποτέλεσμα της μείωσης της βροχόπτωσης είναι η μειωμένη ροή ιζημάτων στους υδροφόρους ορίζοντες, κάτι που επιδρά αρνητικά στην ποιότητα του εδάφους και τα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία αυτό απορροφά (Casalí et al., 2010).



Σχήμα 19: Χάρτης της Ισπανίας στον οποίο απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα η περιοχή της Ναβάρρα και με κίτρινο χρώμα η περιοχή της Ριόχα. Πηγή: <http://www.maphill.com/>

Καντάβρια

Όπως και στις γύρω περιοχές της βόρειας Ισπανίας, έτσι και στην Καντάβρια οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον εμφανείς. Σύμφωνα με στοιχεία της τοπικής κυβέρνησης και του ισπανικού Υπουργείου Περιβάλλοντος, την περίοδο 1951-1980 η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής ήταν 12,4°C ενώ την περίοδο 1981-2010 ανήλθε στους 12,9°C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση, την περίοδο 1951-1980 ήταν 1.33mm/έτος, ενώ την περίοδο 1981-2010 έπεσε στα 1.209mm, παρουσίασε δηλαδή μείωση κατά 10%. Εκτιμάται πως ως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής θα έχει αυξηθεί κατά 3°C στην περιοχή, με την αύξηση να είναι πιο ήπια στο παράκτιο και κεντρικό τμήμα (1-2°C), ενώ στο νότιο τμήμα (τμήμα της λεκάνης απορροής του Έβρου) και δυτικά στην περιοχή της Λιέβανα, θα παρουσιάσει αύξηση έως και 4°C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση, για το ίδιο χρονολογικό διάστημα, αναμένεται να μειωθεί κατά 20%, ενώ για την περιοχή της Λιέβανα αναμένεται μείωση ως και 40%. Έτσι, η Καντάβρια, τις επόμενες δεκαετίες, προβλέπεται να έχει μια κλιματολογική τάση περισσότερο μεσογειακή και λιγότερο ωκεάνια. Επίσης, η θαλάσσια στάθμη στην περιοχή, παρουσίασε το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, μία αυξητική τάση κατά 2mm/έτος. Σε περίπτωση που αυτή η τάση συνεχίσει να υφίσταται στον 21^ο αιώνα, τότε το 40% των παράλιων της Καντάβρια κινδυνεύει να αλλοιωθεί, ακόμη και να εξαφανιστεί.

Δεδομένου ότι οι παραπάνω επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής έχουν ήδη αρχίσει να επιδρούν στα οικοσυστήματα της περιοχής, με βάση μελέτες που έχουν γίνει καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα, αναφορικά με τους κλάδους της δασοκομίας και της γεωργίας (Alonso de Val et al., 2012):

- Η χλωρίδα και η πανίδα που σχετίζονται με ψυχρότερες και υγρότερες περιόδους, όπως το δάσος οξιάς, τείνουν να εξαλειφθούν, ενώ άλλα είδη όπως η βελανιδιά δείχνουν να επεκτείνονται.
- Αυστηρή προστασία των γηγενών δέντρων και προετοιμασία σχεδίων για την αποκατάστασή τους.
- Προοδευτική αντικατάσταση του δένδρων του ευκαλύπτου από άλλα είδη δένδρων λιγότερα απαιτητικά στην κατανάλωση νερού.
- Οριοθέτηση και παρακολούθηση των εκτάσεων δασοκομίας και ενδεδειγμένος έλεγχος για την αποφυγή πυρκαγιών, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών.
- Είναι απαραίτητο να εισαχθούν προοδευτικά νέες ποικιλίες καλλιεργειών προσαρμοσμένες σε ξηρότερες και θερμότερες κλιματικές συνθήκες, καθώς και με χαμηλότερες απαιτήσεις άρδευσης.
- Θα υπάρξει σημαντική μείωση της παραγωγικότητας των βοσκοτόπων, η οποία θα επηρεάσει την παραγωγικότητα του κτηνοτροφικού τομέα γενικά.
- Θα είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν συστήματα άρδευσης για εντατικές καλλιέργειες (κηπουρική, φρούτα και γαλακτοπαραγωγή).

- Απαιτούνται μέτρα κοινωνικοοικονομικής στήριξης για την εφαρμογή της καλλιέργειας οπωροκηπευτικών και βιολογικά ζώα, εμπορικά πολύ ανταγωνιστικά και με μεγάλες δυνατότητες στην Κανταβρία.



Σχήμα 20 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο με κόκκινο χρώμα φαίνεται η περιοχή της Καντάβρια. Σχήμα 21 (δεξιά): Χάρτης γεωγραφικού ανάγλυφου της συγκεκριμένης περιοχής. Πηγή: <https://ontheworldmap.com/>

Καστίλλη και Λεόν

Η Καστίλλη και Λεόν είναι περιοχή στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της Ισπανίας, συνολικής έκτασης 94.233 km² (Álvarez, 2002). Η συγκεκριμένη περιοχή έχει ένα μέσο υψόμετρο περίπου 700m από τη θάλασσα, ενώ κάποιες ορεινές περιοχές ξεπερνούν το υψόμετρο των 2000m. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ -0,5°C και 8,5°C το χειμώνα και μεταξύ 7,5°C και 27°C το καλοκαίρι (Del Río et al., 2007). Ωστόσο, το κλίμα της περιοχής εκτιμάται μέσα στις επόμενες δεκαετίες να μετατραπεί από ηπειρωτικό σε ωκεάνιο, ξεκινώντας από το βορρά και επεκτεινόμενο προς το κεντρικό τμήμα της περιοχής (Del Río & Penas, 2006b), ενώ τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί ανοδική τάση τόσο των μεγίστων όσο και των ελάχιστων εποχιακών θερμοκρασιών κατά 0,3°C ανά δεκαετία (Moratíel et al., 2013). Αυτό αναμένεται να επηρεάσει, με τη σειρά του, τις δασικές εκτάσεις της Καστίλλης και Λεόν, οι οποίες αποτελούν πάνω από το 50% της περιοχής, ενώ το 23% αυτής αποτελείται από δάση φυλλοβόλων, ημι-φυλλοβόλων και αειθαλών δένδρων (Solís et al., 2018). Η κλιματική διαφοροποίηση στην περιοχή αναμένεται να επηρεάσει, επίσης, τη γονιμότητα του εδάφους. Αυτό με τη σειρά του θα επηρεάσει δέντρα όπως η βελανιδιά, η οξιά και το πεύκο (Marcos et al., 2010). Τα δασικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από τη δομική τους πολυπλοκότητα και τη βιοποικιλότητα και οι τροφικές σχέσεις μέσα τους συνήθως περιλαμβάνουν διάφορα επίπεδα. Αυτά τα συστήματα είναι πιθανό να διαταραχθούν με πολλούς τρόπους εάν προκύψει σημαντική ατμοσφαιρική θέρμανση (Pérez et al., 2008).

Μεταξύ των αλληλεπιδράσεων που εντείνονται από τις θερμοκρασιακές αυξήσεις στην περιοχή της Μεσογείου, είναι αυτές μεταξύ των δασικών παρασίτων και των ξενιστών τους. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για τη διατήρηση και διαχείριση των δασών, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε πολλές περιπτώσεις σε μειωμένη πιθανότητα

επιβίωσης των δέντρων. Αναμενόμενη εξέλιξη, λόγω της εντονότερων αλληλεπιδράσεων εντόμων και φυτών, είναι η «μετατόπιση» των δασών σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη σε συνθήκες χαμηλότερων θερμοκρασιών, καθώς η επιβίωση κάποιων παρασίτων περιορίζονται επί του παρόντος από κατώτατα όρια χαμηλής θερμοκρασίας. Η κλιματολογική αλλαγή επιτρέπει σε αυτά τα είδη παρασίτων να «εγκατασταθούν» στις περισσότερες εύκρατες περιοχές πευκοδάσους της νότιας Ευρώπης. Συνεπώς, η αύξηση του κατώτατου ορίου της θερμοκρασίας θα είχε ως αποτέλεσμα την συνεχή «επίθεση» παρασιτικών οργανισμών σε πευκοδάση, άρα και την καταστροφή αυτών των δέντρων (Battisti et al., 2005). Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση της υγρασίας στον οργανισμό του δέντρου, κάνει το πεύκο πιο ευπαθή οργανισμό σε παθογένειες και προβλήματα (Rutherford & Webster, 1987). Ίσως μεγαλύτερη ευπάθεια από το πεύκο, στις προβλεπόμενες νέες κλιματολογικές συνθήκες, να παρουσιάσει η οξιά (Gonzalez de Andres et al., 2017). Οι μειωμένες βροχοπτώσεις των τελευταίων ετών, πέραν της έλλειψης των δένδρων σε υδάτινους πόρους, δημιουργούν συνθήκες μειωμένης ύπαρξης αζωτούχων ενώσεων στο έδαφος (Allison, 1957), οι οποίες είναι πολύ θρεπτικές και ωφέλιμες για τις οξιές, όπως και για πολλούς φυτικούς οργανισμούς της Ιβηρικής χερσονήσου. Επίσης, άλλες περιοχές στις οποίες, η οξιά αντιμετωπίζει ή θα αντιμετωπίσει δυσμενείς συνθήκες, λόγω της αλλαγής του κλίματος είναι η Ναβάρρα, η Καντάβρια και γενικότερα η βόρεια Ισπανία (Amores et al., 2006).

Δένδρα, τα οποία ενδέχεται, επίσης, να κινδυνεύσουν μελλοντικά, είναι η βελανιδιά και ο άρκευθος, σε περίπτωση όπου συνεχίσει να υπάρχει στην Καστίλλη και Λεόν, ανοδική τάση της θερμοκρασίας, όπως τις προηγούμενες δεκαετίες, και μειωτική τάση των βροχοπτώσεων (Del Río & Penas, 2006a). Αναφορικά με τον άρκευθο, δένδρο ευαίσθητο στις συνθήκες ξηρασίας της άνοιξης και του καλοκαιριού (Esper et al., 2015), έρευνες αναδεικνύουν πως σε μακροπρόθεσμες συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλών βροχοπτώσεων, μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης έχουν τα δένδρα, τα οποία βρίσκονται σε δασικές εκτάσεις που παρελθοντικά έχουν χρησιμοποιηθεί ως αγροτική καλλιέργεια, συγκριτικά με αρκεύθους που βρίσκονται σε εκτάσεις, οι οποίες λειτουργούσαν παλαιότερα ως βοσκοτόπια. Προφανώς οι παρελθοντικές καλλιέργειες έχουν εμπλουτίσει τα εδάφη με πλούσια συστατικά, τα οποία μπορούν να ενδυναμώσουν τα δέντρα ως φυτικούς οργανισμούς (Gimeno et al., 2012). Στην Ισπανία, έχουν γίνει αρκετές ενέργειες για την προστασία και διατήρηση των διάφορων ποικιλιών αρκεύθου, όπως προστασία από την υλοτομία, επιδότηση δενδροφύτευσης, αραίωση πυκνών εκτάσεων με σκοπό την ευνοϊκότερη ανανέωση και αναπαραγωγή των δένδρων κ.ά. Εκτός, από την Καστίλλη και Λεόν, η προστασία του αρκεύθου αποτελεί θέμα και άλλων περιοχών τη χώρας, όπως η Καντάβρια, η Καστίλλη-Μάντσα και η Αραγονία (Gauquelin et al., 1999).

Η Καστίλλη και Λεόν διαρρέεται από τον τρίτο μακρύτερο ποταμό της Ισπανίας, τον ποταμό Δούρο. Ο ποταμός αυτός πηγάζει από το ανατολικό τμήμα της περιοχής, τη διαρρέει κατά το γεωγραφικό της μήκος κι έπειτα καταλήγει στην Πορτογαλία για να εκβάλει στις όχθες του Ατλαντικού. Το 81% της λεκάνης απορροής του ποταμού,

συνολικής έκτασης 97.290 km², ανήκει στην Ισπανία (και σχεδόν εξ ολοκλήρου στην Καστίλλη και Λεόν) και οι μεταβολές του κλίματος αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα την περιοχή της Καστίλλης και Λεόν και το 80% της ποτάμιας παροχής νερού διατίθεται για την άρδευση καλλιεργήσιμων και δασικών εκτάσεων (Paredes-Arquiola et al., 2013).

Το κριθάρι είναι η πιο σημαντική καλλιέργεια στη λεκάνη απορροής του ποταμού σε συνολική έκταση 13.000.000 στρεμμάτων, ενώ το σιτάρι έρχεται δεύτερο σε συνολική έκταση 7.000.000 στρεμμάτων. Οι δύο αυτές καλλιέργειες αντιπροσωπεύουν το 38% και το 34%, των αντίστοιχων συνολικών εκτάσεων της Ισπανίας, και θεωρούνται αρδευτικές καλλιέργειες, παρά το ότι μόλις το 10% των εκτάσεων αυτών αρδεύεται. Από τις καλλιέργειες οσπρίων στο Δούρο, η πιο σημαντική είναι αυτή του αρακά με το 10% αυτής να είναι αρδευόμενο και να καλύπτει το 55% της εθνικής επιφάνειας καλλιέργειας. Ο ηλίανθος καταλαμβάνει 2.000.000 στρέμματα στη λεκάνη απορροής του ποταμού (κυρίως μη αρδευόμενα) και αντιπροσωπεύει το 30% της εγχώριας συνολικής καλλιεργηθείσας έκτασης ηλίανθου. Μεταξύ των αρδευόμενων καλλιεργειών είναι ο αραβόσιτος, το τριφύλλι και τα ζαχαρότευτλα καταλαμβάνοντας 1.000.000, 640.000 και 350.000 στρέμματα, αντιστοίχως, αντιπροσωπεύοντας το 30%, το 30% και το 67% κάθε αντίστοιχης εγχώριας συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης. Οι αμπελώνες καταλαμβάνουν, στη συγκεκριμένη περιοχή 720.000 στρέμματα με περισσότερο από το 90% αυτών να είναι μη αρδευόμενα (Moratiel et al., 2013). Επιπλέον, ο Δούρος αποτελεί το φυσικό περιβάλλον μεγάλων ιχθυολογικών πληθυσμών και ειδών όπως πέστροφες, μπαρμπούνια, κυπρίνοι και χέλια, τα οποία θα επηρεαστούν αρνητικά από την αναμενόμενη μείωση των υδάτινων επιπέδων στους υδροφόρους ορίζοντες τη περιοχής (Paredes-Arquiola et al., 2013). Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, είναι πλέον κατανοητό πως οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη λεκάνη απορροής του Δούρου και ευρύτερα στην περιοχή της Καστίλλης και Λεόν, ενδέχεται να δημιουργήσουν μεγάλα προβλήματα αλλοίωσης του φυσικού περιβάλλοντος, έλλειψης αγαθών και οικονομικών ζημιών για πολλούς παραγωγούς αγρότες.

Αναφορικά με τις καλλιέργειες αραβοσίτου, όπως και για άλλες καλλιέργειες, έχει προταθεί η παρακολούθηση τους μέσω δορυφορικών συστημάτων και ηλεκτρονικών προγραμμάτων, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση άρδευσης αυτών, αναλόγως τις εκάστοτε ανάγκες, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση παραγωγικών απωλειών σε συνδυασμό με την κατά το δυνατόν βέλτιστη ποσοτικά άρδευση (Segovia-Cardozo et al., 2019). Υπολογίζεται ότι η αύξηση της εξάτμισης-διαπνοής των φυτικών οργανισμών σε συνδυασμό με αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας στην Καστίλλη και Λεόν, κατά το δεύτερο μισό του 21^{ου} αιώνα θα επιφέρουν μείωση στην παραγωγή ζαχαρότευτλων μέχρι και 9%. Ωστόσο, σύμφωνα με κάποιες εκτιμήσεις, αν υπάρξουν κάποιες προσαρμογές στις πρακτικές αυτών των καλλιεργειών, είναι αρκετά πιθανό η παραγωγή να μη μειωθεί, αλλά να αυξηθεί έως και κατά 17%, εντός των επόμενων δεκαετιών. Τέτοιες πρακτικές είναι η επιμήκυνση του κύκλου καλλιέργειας των ζαχαρότευτλων, η καθυστέρηση της συγκομιδής και η πρωτύτερη ημερολογιακά σπορά των καλλιεργειών (Sánchez-Sastre et al., 2020).

Όσον αφορά την καλλιέργεια κριθαριού, επιστήμονες κάνουν λόγο για ημερολογιακή διαφοροποίηση της σποράς και της συγκομιδής, καθώς και επιλογή άλλων ποικιλιών κριθαριού σε συνδυασμό με συντηρητική διαχείριση της άρδευσης, εντός των επόμενων δεκαετιών με σκοπό την ελαχιστοποίηση των παραγωγικών απωλειών (Trnka et al., 2004), ενώ όσον αφορά το σιτάρι, επιστήμονες κάνουν λόγο για την ανάγκη προσαρμογής των ντόπιων ποικιλιών σε βορειότερα και λιγότερα θερμά γεωγραφικά τοπία, την ευρύτερη προσαρμογή σύγχρονων ποικιλιών σε συνθήκες όπου οι ντόπιες δεν είναι τόσο αποδοτικές και κυρίως σε περιοχές με θερμότερο κλίμα (Sanchez-Garcia et al., 2013). Οι παραπάνω αναφερθείσες τεχνικές προτείνονται και για τις καλλιέργειες ηλίανθου (Debaeke et al., 2017), οπωροκηπευτικών, αλλά και άλλων σπόρων (Mendelsohn, 2000).



Σχήμα 22 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο φαίνεται η γεωγραφική θέση της Καστίλλης και Λεόν, εντός της Ισπανίας. Πηγή: <https://www.bing.com/>
Σχήμα 23 (δεξιά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο με έντονα χρώματα γεωγραφικού ανάγλυφου, φαίνεται η λεκάνη απορροής του ποταμού Γκουαδιάνα. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>

Βαλενθιάνα

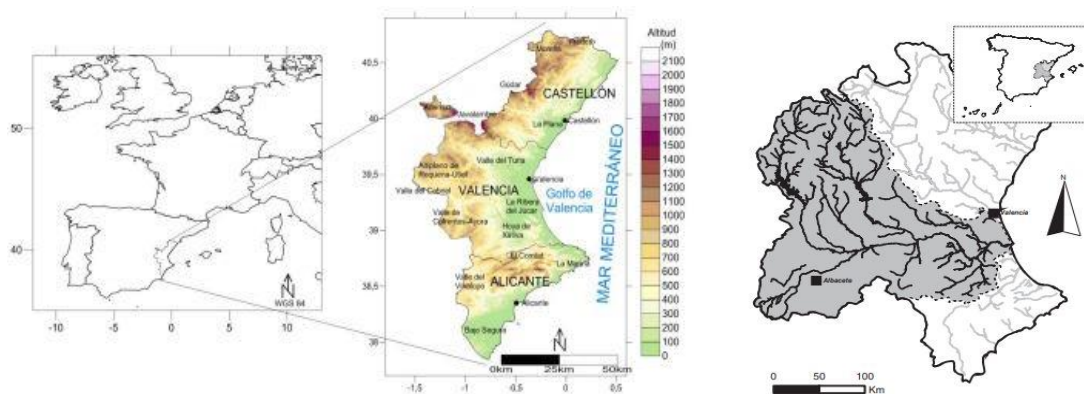
Μία περιοχή που παρουσιάζει ενδιαφέρον ως προς τις κλιματικές διαφοροποιήσεις των τελευταίων δεκαετιών είναι η Βαλενθιάνα (περιοχή στο νότιο-κεντρικό και ανατολικό τμήμα της Ισπανίας). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα θερμοκρασιακών μετρήσεων στις πόλεις του Αλικάντε, της Βαλένθια και του Καστεγιόν, η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής ανέβηκε κατά 1,65°C στην περιοχή, τη χρονική περίοδο 1950-2016, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 0,33°C/δεκαετία στο Καστεγιόν, 0,19°C/δεκαετία στο Αλικάντε και 0,22°C/δεκαετία στη Βαλένθια. Η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία στη Βαλενθιάνα ανέβηκε κατά 1,12°C, ενώ η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία ανέβηκε κατά 2,21°C (Sala et al., 2018).

Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή κυμαίνονται σε ένα ύψος μεταξύ 300mm και 500mm ανά έτος, με ελάχιστες περιοχές να βρίσκονται κάτω ή πάνω από αυτό το εύρος. Εντός των επόμενων δεκαετιών, αναμένεται να σημειωθούν περαιτέρω μείωση των βροχοπτώσεων κατά 25-40% (Estrela et al., 2020) και αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να μειωθούν οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι και συνεπώς να δημιουργηθούν συνθήκες ερημοποίησης της περιοχής και διάβρωσης του εδάφους

(Daniell et al., 2011). Με δεδομένες τις διαμορφωθείσες παραπάνω τάσεις στην περιοχή, οι πιθανότητες πυρκαγιών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες παρουσιάζουν μία μικρή αύξηση (Pausas, 2004). Η Βαλενθιάνα διαρρέεται από τον ποταμό Χούκαρ και αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής του, η οποία εκτείνεται και σε άλλες δύο περιοχές της Ισπανίας, την Καστίλλη-Μάντσα και την Αραγονία. Με βάση επιστημονικές μελέτες, οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι της λεκάνης απορροής τα προηγούμενα χρόνια ήταν μειωμένοι κατά 18% σε σχέση με τα επίπεδα της περιόδου 1961-1990 και προβλέπεται πως θα μειωθούν περαιτέρω στο δεύτερο μισό του 21^{ου} αιώνα κατά 40-50%, λόγω των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος (Ferrer, 2012).

Επιπλέον, η θαλάσσια στάθμη στις παράκτιες περιοχές της Βαλενθιάνα υπολογίζεται να ανέλθει κατά περίπου 0,79m ως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, ενώ πιο ακραίες εκτιμήσεις κάνουν λόγο για αντίστοιχη αύξηση από 1,35m έως 1,92m. Δεδομένων των παραπάνω εκτιμήσεων, αναμένεται η θάλασσα να καλύψει παράκτιες περιοχές ως τα τέλη του αιώνα, συνολικής έκτασης από 96km² έως 142km², με τα 27km² εξ αυτών να είναι αστικές περιοχές. Πέραν όμως των αστικών περιοχών και των παράλιων οικισμών, μεγάλο πλήγμα θα υποστούν οι αγροτικές εκτάσεις, όπως και οι υδροφόροι ορίζοντες της περιοχής καθώς θα αυξηθούν πολύ τα άλατα σε αμφοτέρως τις περιπτώσεις, και ειδικά στη περιοχή γύρω από τη λίμνη της Αλμπουφέρα, στην οποία υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις καλλιέργειας ρυζιού.

Αναμένεται να καταστούν αναγκαίες οι λειτουργίες μηχανισμών και οι κατασκευές υποδομών για την αποτροπή των επιπτώσεων της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης, όπως η ανύψωση της παραλιακής ζώνης σε τμήματα της Βαλενθιάνα, η χρήση αντλιών για την αποτροπή εισχώρησης του θαλασσινού νερού στους υδροφόρους ορίζοντες (Estrela-Segrelles et al., 2021), όπως στα υπόγεια ρεύματα υδάτων κ.ά (Chirivella-Osma et al., 2015).



Σχήμα 24 (αριστερά): Απεικόνιση της τοποθεσίας της Βαλενθιάνα εντός της Ισπανίας και υψομετρικός χάρτης της περιοχής. Πηγή: (Daniell et al., 2011).

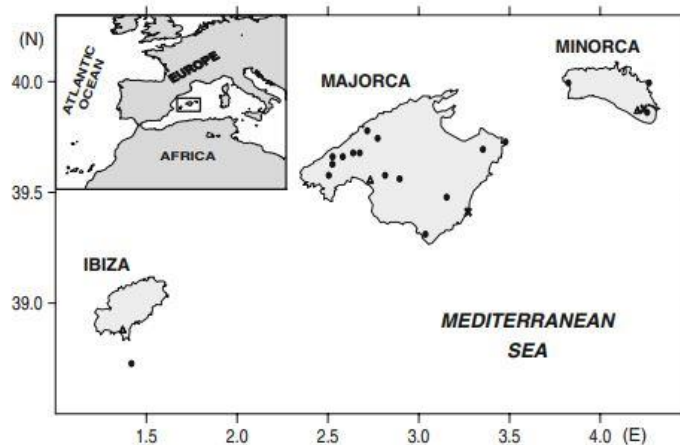
Σχήμα 25 (δεξιά): Η θέση της λεκάνης απορροής του ποταμού Χούκαρ στην Ισπανία και απεικόνιση των ποτάμιων υδροφόρων οριζόντων της περιοχής. Πηγή: (Carmona et al., 2017).

Βαlearίδες Νήσοι

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δε θα μπορούσαν να λείπουν από τις Βαlearίδες Νήσους, ένα σύμπλεγμα νησιών της Μεσογείου, αθροιστικής έκτασης σχεδόν 5.000 km², ανοιχτά της ηπειρωτικής Ισπανίας (Álvarez, 2002). Η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης σε συνδυασμό με την εντονότερη κυματική δραστηριότητα (λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας σε θάλασσα και ατμόσφαιρα) αποτελεί απειλή για τις παράκτιες περιοχές των νησιών, καθώς είναι περισσότερες εκτεθειμένες έτσι σε βύθιση, διάβρωση και ακραία θαλάσσια καιρικά φαινόμενα. Ενδέχεται, επίσης, εντός του 21^{ου} αιώνα, μερικά βαlearικά νησιωτικά παράλια να υποχωρήσουν από 7 μέχρι και 50m, να χάσουν δηλαδή τη μισή τους έκταση. Τα παραπάνω δεδομένα αναμένεται να επηρεάσουν τον τουρισμό της περιοχής που αποτελεί έναν από τους κύριους πυλώνες της οικονομίας για αυτά τα νησιά (Enríquez et al., 2017). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα δεδομένα μετρήσεων βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών από 18 καταμετρικούς σταθμούς στις Βαlearίδες Νήσους. Με βάση, τα συγκεκριμένα δεδομένα και στατιστικές αναλύσεις επί αυτών, κατά την περίοδο 1976-2006, προέκυψε ότι η μέση ελάχιστη και η μέση μέγιστη ετήσιες θερμοκρασίες αυξάνονται με ρυθμό 5,75°C ανά εκατονταετία και 4.99°C ανά εκατονταετία, αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις της θερμοκρασίας δεν παρατηρούνται στο χειμώνα ή το φθινόπωρο, αλλά το καλοκαίρι και την άνοιξη. Πιο συγκεκριμένα, η μέση μέγιστη και η μέση ελάχιστη ετήσια εαρινές θερμοκρασίες αυξάνονται με ρυθμό 7,9°C/αιώνα και 7,01°C/αιώνα, έκαστος, ενώ οι αντίστοιχες θερινές αυξάνονται με ρυθμό 5,06°C/αιώνα και 7,3°C/αιώνα, έκαστος. Η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει τρομακτική μείωση με ρυθμό -163mm/αιώνα, με τη μεγαλύτερη μείωση των βροχών να συμβαίνει τις εποχές του χειμώνα και του φθινοπώρου. Επίσης, παρατηρείται πως σε ετήσια βάση αυξάνονται σταδιακά οι μέρες με ελαφριές βροχοπτώσεις (δηλαδή, με ύψος βροχόπτωσης εντός 24ώρου, μικρότερο των 16mm), όπως και οι μέρες έντονης βροχόπτωσης (με ύψος βροχόπτωσης εντός 24ώρου, μεγαλύτερο των 64mm), έναντι των ημερών που βρίσκονται στο ενδιάμεσο εύρος (16-32mm/24h), οι οποίες δείχνουν να μειώνονται (Homar et al., 2010).

Οι παραπάνω κλιματολογικές μεταβολές αναδεικνύουν πως καλλιέργειες που ευδοκούν σε πιο δροσερά κλίματα και είναι ευπαθείς σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως το δαμάσκηνο, το αμύγδαλο, το μήλο και το ροδάκινο ίσως να πάψουν να ευδοκούν, όπως ευδοκμούσαν ως τώρα στα νησιά αυτά της δυτικής Μεσογείου (όπως και σε άλλες περιοχές της νότιας Ισπανίας) και να συνεχίσουν να ευδοκούν σε περιοχές της ηπειρωτικής (κυρίως βόρειας) Ισπανίας. Από την άλλη πλευρά, καλλιέργειες ευδοκμούσες στα θερμά κλίματα, όπως η ελιά, το αμπέλι και το κεράσι, ίσως συνεχίσουν να ευδοκούν το ίδιο στις περιοχές των Βαlearίδων Νήσων

(Rodríguez et al., 2021). Ένα μεγάλο πρόβλημα που έχει ήδη προκύψει και αναμένεται να γίνει εντονότερο είναι αυτό της λειψυδρίας, με τις γνώμες επί του θέματος να διίστανται σχετικά με το αν η κατασκευή νέων μονάδων αφαλάτωσης στις νήσους είναι πιο ωφέλιμη επιλογή έναντι της μεταφοράς νερού από την ηπειρωτική Ισπανία ή άλλες περιοχές για τις ανάγκες της ύδρευσης και της άρδευσης (Gomez et al., 2004). Επίσης, πρόσφατα παρατηρήθηκε η ύπαρξη, για πρώτη φορά στα θαλάσσια νερά των Βαλεαρίδων, τοξικών φυκιών *Gambierdiscus toxicus*. Πρόκειται για έναν θαλάσσιο φυτικό οργανισμό ιδιαίτερα τοξικό, ο οποίος ευδοκιμεί, κατά κύριο λόγο, σε τροπικά κλίματα, και σύμφωνα με επιστήμονες, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας (SST), πιθανολογείται η μελλοντικά συχνότερη και μεγαλύτερη παρουσία του *Gambierdiscus toxicus* στη Μεσόγειο θάλασσα, κάτι που ενδεχομένως έχει αρνητική επίδραση στα θαλάσσια οικοσυστήματα της ευρύτερης περιοχής (Tudó et al., 2018).



Σχήμα 26: Γεωγραφική απεικόνιση των Βαλεαρίδων Νήσων. Πάνω αριστερά, φαίνεται η θέση των νήσων ανοιχτά της ηπειρωτικής Ισπανίας. Με κουκίδες, συμβολίζονται οι θέσεις των 18 καταμετρητών σταθμών βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών, που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Πηγή: (Homar et al, 2010)

Κανάρια Νησιά

Τα Κανάρια Νησιά αποτελούν σύμπλεγμα νησιών ανοιχτά των ακτών της Δυτικής Αφρικής, το οποίο ανήκει στην Ισπανία και έχει συνολική έκταση σχεδόν 7.500km². Παρά, τη σχετικά μικρή του έκταση, παρουσιάζει ένα κλιματικό εύρος από ερημικό έως υποτροπικό στις περιοχές των νησιών, ενώ στην κορυφή του βουνού Τεΐδε υπάρχει συχνά χιονόπτωση. Από το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, τα νησιά παρουσίασαν μία αυξητική θερμοκρασιακή τάση σε συνδυασμό με πτωτική τάση των βροχοπτώσεων, κάτι που ασκεί επίδραση στη βιοποικιλότητα και την αγροτική παραγωγή της περιοχής (Bechtel, 2016). Σύμφωνα με τις μετρήσεις των τελευταίων δεκαετιών, η μέση ετήσια θερμοκρασία του νησιού της Τενερίφης αυξανόταν κατά 0,09°C/δεκαετία, ενώ από το 1970 κατά 0,17°C/δεκαετία, με τις μέσες ετήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση από τις αντίστοιχες

μέγιστες. Η υπερθέρμανση της περιοχής μπορεί να ασκήσει μεγαλύτερη επιρροή στις θερμοκρασίες των υψηλών βουνών και στη θερμοκρασία της θάλασσας. Οι τάσεις στη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας δείχνουν επίσης ότι η θέρμανση της θάλασσας που περιβάλλει το αρχιπέλαγος είναι υψηλότερη προς τα νότια (Luque et al., 2013).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία των νησιών αναμένεται να ανέβει από 0,5°C έως 2°C, μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Για την ίδια χρονική περίοδο, η μέση ετήσια βροχόπτωση μπορεί να μειωθεί έως και πάνω από 100mm/έτος, σε σύγκριση με τα ως τώρα δεδομένα, ενώ η υγρασία του εδάφους υπολογίζεται να μειωθεί έως και 8% (Exposito et al., 2015). Οι περίοδοι καύσωνα, στις Κανάριες Νήσους, έχουν τετραπλασιαστεί από το 1994 και οι μισές εκ των ισχυρότερων περιόδων σημειώθηκαν κατά την περίοδο 2004-2007. Εν τω μεταξύ, οι χειμερινές εποχές αέριας μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα, που δεν συνδέονται απαραίτητα με τις υψηλές θερμοκρασίες, έχουν διπλασιαστεί από το 1980. Οι καύσωνες έχουν καταστεί ως ο πιο επικίνδυνος μετεωρολογικός κίνδυνος όσον αφορά τη θνησιμότητα, ενώ η μεταφορά σκόνης από την έρημο της Σαχάρας έχει συσχετιστεί με σοβαρά προβλήματα υγείας και διαταραχές των αεροπορικών μεταφορών (Hernandez et al., 2018).

Πρόσφατες μελέτες αναδεικνύουν ότι η αλλαγή του κλίματος στα νησιά, επιφέρει διαφοροποιήσεις και στη βιοποικιλότητα τους. Για παράδειγμα, μία χαρακτηριστική κανάρια γηγενής ποικιλία θάμνου -στα μεγαλύτερα υψόμετρα- δέχεται αρνητική επίδραση από την αύξηση της θερμοκρασίας και τα φυτοφάγα ζώα της περιοχής, οδηγούμενη στον αφανισμό. Την ίδια ώρα, μία άλλη μη-γηγενής ποικιλία θάμνου είναι εύκολα προσαρμόσιμη στις υψηλές θερμοκρασίες και σε συνδυασμό με την άνοστη (για τα φυτοφάγα ζώα) γεύση της, τείνει να ευδοκιμεί τα τελευταία χρόνια στα νησιά. Επίσης, παρατηρείται πως τα πευκοδάση σταδιακά «μεταναστεύουν» σε υψηλότερες υψομετρικά περιοχές, οι οποίες παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με αυτές που βρίσκονται κοντά στο επίπεδο της θάλασσας (Martin-Esquivel et al., 2020). Η διαφοροποίηση της βιοποικιλότητας παρατηρείται και στη θαλάσσια χλωρίδα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα στη νήσο της Γκραν Κανάρια, όπου ένας είδος φυκιών, όπου κάλυπτε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 το 12,84% των βραχωδών παράκτιων εκτάσεων, πλέον καλύπτει μόλις το 0,1% αυτών, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της θάλασσας στην περιοχή έκανε πολύ δυσκολότερη την επιβίωσή του (Valdazo et al., 2017). Αναφορικά με αυτό, έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια ότι στις θαλάσσιες περιοχές των Κανάριων Νήσων, ευδοκимуούν θερμόφιλα είδη φυκιών τα οποία μέχρι τώρα δεν ευδοκимуούσαν εκεί, αλλά η αύξηση της θερμοκρασίας τα οδήγησε να «μετοικήσουν» προς αυτές τις περιοχές (Sangil et al., 2012).



Σχήμα 27 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο διακρίνονται με κόκκινο χρώμα, οι Κανάριοι Νήσοι. Πηγή: <https://www.heraldo.es/>. Σχήμα 28 (δεξιά): Χάρτης γεωλογικού ανάγλυφου των Κανάριων Νήσων. Πηγή: <https://en.wikipedia.org/>

Περιοχή της Μαδρίτης & Καστίλλη-Μάντσα

Η περιοχή της Μαδρίτης είναι περιοχή στο κέντρο της χώρας, περιλαμβάνει την πρωτεύουσα Μαδρίτη και έχει έκταση 8.030 km² (Álvarez, 2002). Η Καστίλλη-Μάντσα είναι η τρίτη σε έκταση αυτόνομα διοικητική περιοχή της Ισπανίας, εκτεινόμενη στο νότιο και κεντρικό τμήμα της χώρας και συνολικής έκτασης σχεδόν 79.500km² (Domínguez & De Juan, 2008). Τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην πρωτεύουσα κατά 1,8°C, ενώ η σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα έχει μειωθεί κατά 9%, συγκριτικά με τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Επίσης, οι ετήσιες ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης έχουν μειωθεί κατά 22%, ενώ στο ίδιο ποσοστό έχουν αυξηθεί οι ετήσιες ενεργειακές ανάγκες κλιματισμού στα διαφόρων ειδών κτήρια της πρωτεύουσας και της γύρω περιοχής. Έτσι, προκύπτει η ανάγκη προσαρμογής των κτηρίων με σκοπό τις αποδοτικότερες εγκαταστάσεις κλιματισμού με το μικρότερο ενεργειακό κόστος, με διάφορες μελέτες μηχανικών να κάνουν λόγο για νεότερες μεθόδους εγκαταστάσεων, σχετικά με το θέμα (Soutullo et al., 2020). Άλλες μελέτες κάνουν λόγο για την ανάγκη δημιουργίας χώρων πρασίνου, εντός της πρωτεύουσας, όπως ένα προτεινόμενο σχέδιο φυσικής αποκατάστασης του δάσους στις ακτές του ποταμού Μανθανάρες, ο οποίος διαρρέει την πρωτεύουσα, με σκοπό τις καλύτερες συνθήκες διαβίωσης και βιωσιμότητας της πόλης (Gómez-Villarino et al., 2021).

Η ευρύτερη περιοχή της Μαδρίτης βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής του μεγαλύτερου ισπανικού ποταμού, του Τάγου. Ο Τάγος πηγάζει από την Αραγονία και περνά μέσα από την περιοχή της Μαδρίτης, την Καστίλη-Μάντσα και την Εστρεμαδούρα, περνά και από την Πορτογαλία για να εκβάλει στον Ατλαντικό. Ο Τάγος έχει συνολικό μήκος 1009km και η λεκάνη απορροής του είναι 80.100km², με το 69% αυτής να βρίσκεται εντός της Ισπανίας, ενώ το υπόλοιπο 31% στην Πορτογαλία. Το 15,5% του ισπανικού πληθυσμού ζει στη περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού και η υδάτινη παροχή του προορίζεται για αστική και αγροτική χρήση. Το κλίμα είναι από μεσογειακό στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης έως ωκεάνιο στο δυτικό της κομμάτι. Η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα

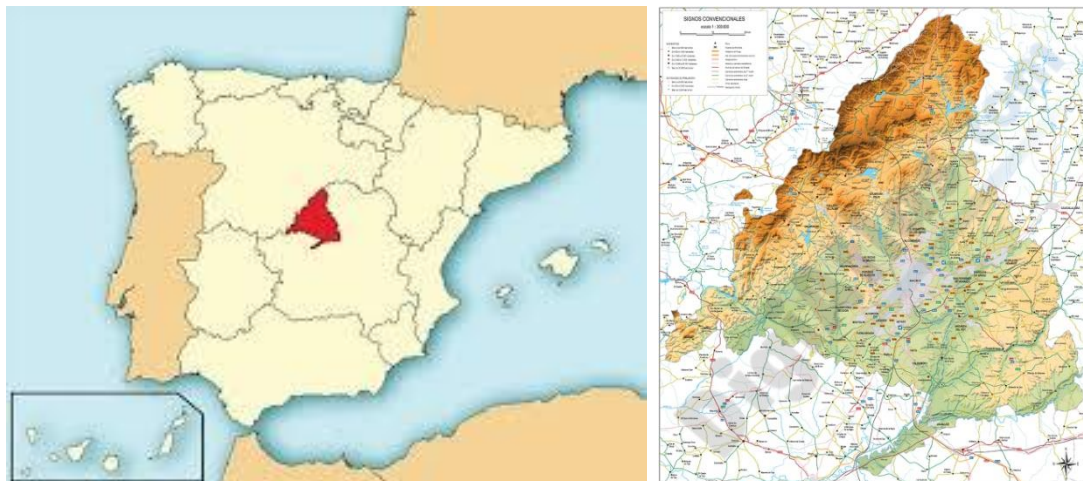
1100mm/έτος και κυμαίνεται μεταξύ 450mm/έτος και 1500mm/έτος στο μεγαλύτερο γεωγραφικό τμήμα της λεκάνης. Αντίστοιχα, η μέση θερμοκρασία των 11°C κυμαίνεται από 5°C στα ορεινά τμήματα της λεκάνης έως 14°C στο κεντρικό γεωγραφικό της τμήμα (López-Moreno et al., 2007). Η θερμοκρασία της περιοχής παρουσιάζει μία αυξητική τάση κατά 0,23°C ανά δεκαετία, με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1961-2006, και η βροχόπτωση μία πτωτική τάση κατά -71mm ανά δεκαετία, με βάση τα δεδομένα της ίδιας χρονολογικής περιόδου. Επίσης, σύμφωνα με μελέτες από το 1980 κι έπειτα, έχει παρατηρηθεί πως ο Τάγος είναι ευπαθέστερος (σε σχέση με παλαιότερες δεκαετίες) στις περιόδους ξηρασίας με τα επίπεδα των υδροφόρων οριζόντων να παρουσιάζουν ιδιαίτερη μείωση σε αυτές (Lorenzo-Lacruz et al., 2010).

Αυτό επηρεάζει δασικές εκτάσεις και δέντρα όπως η βελανιδιά και το πεύκο (Pardos et al., 2017), επιδρώντας αρνητικά στο φυσικό περιβάλλον και την παραχθείσα υλοτομία, ενός τμήματος της κεντρικής Ισπανίας και περιοχών όπως της Μαδρίτης και της Καστίλλης-Μάντσα, με τρόπους όμοιους με αυτούς που αναλύονται για τα δάση στην ενότητα της Καστίλλης και Λεόν. Τα παραπάνω δεδομένα σε συνδυασμό με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα επιδρούν αρνητικά σε πολλές καλλιέργειες (π.χ αραβόσιτος) κάνοντας τις πιο ευπαθείς και μειώνοντας έτσι τα παραγωγικά τους μεγέθη (Brumbelow & Georgakakos, 2001). Ενδιαφέρον παρουσιάζει μια έρευνα που έγινε στην κεντρική Ισπανία και δείχνει ότι λόγω της αυξητικής τάσης της θερμοκρασίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες, τα αποδημητικά πτηνά μακρινών αποστάσεων παρατείνουν την παραμονή τους στην περιοχή και αποχωρούν από αυτήν αργότερα κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (Mezquida et al., 2007). Μία άλλη έρευνα αναδεικνύει ότι η ύπαρξη μεγαλύτερων υψομέτρων σε περιοχές της κεντρικής Ισπανίας (και ιδιαίτερα στις εγγύς περιοχές της οροσειράς Γουαδαρράμα) ίσως σταθεί αντισταθμιστικός παράγων στις θερμοκρασιακές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αναφέρεται η μετανάστευση 16 ειδών πεταλούδας από μικρότερα σε μεγαλύτερα υψόμετρα και η προσαρμογή τους σε ευνοϊκότερα θερμοκρασιακά περιβάλλοντα. Τέτοιες ενέργειες ενδεχομένως να ωφελήσουν και άλλους φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς της περιοχής (Wilson et al., 2005). Επίσης, εκτιμάται πως η διαφοροποίηση του κλίματος σε θερμότερο και ξηρότερο στο κεντρικό και νότιο κομμάτι της χώρας αναμένεται να κάνει πολλές εκτάσεις των περιοχών αυτών καλύτερα ενδεδειγμένες για κάποιες μεσογειακές (ή και τροπικές) καλλιέργειες, όπως αυτήν του φοίνικα (Shabani et al., 2013), κάτι πολύ σημαντικό για μία περιοχή με 42.000.000 στρέμματα αγροτικής καλλιέργειας, εκ των οποίων το 13.2% αρδευτικά (Domínguez & De Juan, 2008).

Επιπλέον, η Καστίλη-Μάντσα είναι μια περιοχή, η οποία αποτελεί ως ένα βαθμό άθροισμα τμημάτων λεκανών απορροής ποταμών (πέραν του Τάγου) που έχουν αναλυθεί πιο πάνω, όπως ο Σεγούρα, ο Γουαδιάνα, ο Χούκαρ και ο Ίβηρας. Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος που προβλέπεται να τη διέπουν, σε μεγάλο της κομμάτι, έχουν αναλυθεί στις ενότητες των προηγούμενων περιοχών.



Σχήμα 29 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο διακρίνεται με κόκκινο χρώμα η περιοχή της Κστύλλης-Μάντσα. Σχήμα 30 (δεξιά): Χάρτης της Καστίλλης-Μάντσα, στον οποίο διακρίνονται οι ποταμοί που διαρρέουν την περιοχή, καθώς (με έντονα χρώματα) και οι λεκάνες απορροής του καθενός. Πηγή: (Domínguez & De Juan, 2008).



Σχήμα 31 (αριστερά): Χάρτης της Ισπανίας, στον οποίο διακρίνεται με κόκκινο χρώμα η αυτόνομη διοικητική περιοχή της Μαδρίτης. Πηγή: <https://pongamosquehablodemadrid.com/>
Σχήμα 32 (δεξιά): Χάρτης του γεωγραφικού ανάγλυφου της συγκεκριμένης περιοχής. Πηγή: <https://www.digiatlas.com/>

Μούρθια

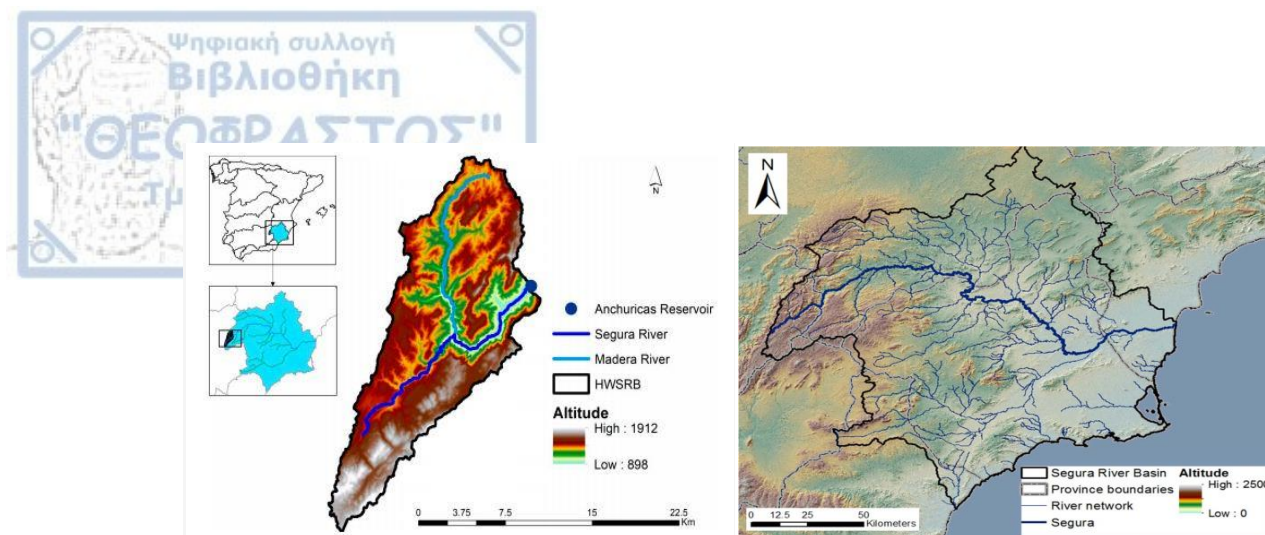
Ανάμεσα στις περιοχές της Ισπανίας, στις οποίες οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής προβλέπονται έντονες, είναι η Μούρθια, διότι όπως φαίνεται το νοτιοανατολικό τμήμα της Ιβηρικής χερσονήσου θα επηρεαστεί από σκληρότερες περιβαλλοντικές αλλαγές. Οι εγγραφές 23 σταθμών της λεκάνης απορροής του ποταμού Σεγούρα (ο οποίος διαρρέει τη περιοχή της Μούρθια), κατά την περίοδο 1940-1997, δείχνουν έντονη τάση για αύξηση των θερμοκρασιών ήδη από τη δεκαετία του 1970, ενώ η εαρινή περίοδος έδειξε τη μεγαλύτερη εποχιακή αύξηση

μέγιστων θερμοκρασιών (περί τους $0,123^{\circ}\text{C}/\text{έτος}$) (De Castro et al., 2005). Η ακραία υπερθέρμανση της περιοχής θα συνεχιστεί έως και το 2050, καθώς επίσης η συνολική άνοδος στη θερμοκρασία της βόρειας Μούρθια υπολογίζεται περί τους $2,3^{\circ}\text{C}$, ενώ η ετήσια βροχόπτωση αναμένεται να μειωθεί κατά 15% (Resco-Sanchez et al., 2014). Δύο πιθανές περιπτώσεις διαμόρφωσης των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο μέλλον, έχουν μελετηθεί ως προς την επίδραση που μπορεί να έχουν στην αλλαγή του κλίματος στην Ισπανία και συγκεκριμένα στη Μούρθια. Στην πρώτη, οι παγκόσμιες συγκεντρώσεις CO_2 θα αυξηθούν στα 760 ppm στην ατμόσφαιρα της γης, έως το έτος 2100 (περίπου διπλάσιο από τώρα), και στην πιο απαισιόδοξη περίπτωση, το CO_2 θα φτάνει στα 850 ppm. Αυτά τα μοντέλα υποδηλώνουν ότι, στα τέλη του 21ου αιώνα, η βόρεια Μούρθια ενδέχεται να παρουσιάσει αύξηση στις μέσες εποχικές θερμοκρασίες από 5 έως 7°C το καλοκαίρι και 3 με 4°C κατά τους χειμερινούς μήνες. Η συχνότητα των ημερών με ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες θα αυξηθεί επίσης και αναμένεται να είναι πιο έντονη την περίοδο της άνοιξης (Pérez et al., 2010). Αναμένονται, επίσης, αλλαγές στις βροχοπτώσεις, οι οποίες θα έχουν ένα πολύπλοκο γεωγραφικό μοτίβο με μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης. Σε εποχική κλίμακα, μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης αναμένεται το θέρος από ότι τους χειμερινούς μήνες για την περιοχή της βόρειας Μούρθια. Για την ίδια περιοχή, αναμένεται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης από 54 ως 112,5 mm (De Castro et al., 2005). Αυτό αντιπροσωπεύει εύρος 17–36% της τωρινής ετήσιας βροχόπτωσης. Επιπροσθέτως, αναμένεται να αυξηθεί και η μεταβλητότητα των ετήσιων υψών βροχής. Ενδεχομένως, μία τέτοια εξέλιξη να επηρεάσει αρνητικά την περιοχή γύρω από την Ελάσσονα Θάλασσα στο νότιο κομμάτι της Μούρθια. Επιπλέον, οι ημέρες με ακραία τα γεγονότα νετού (>150 mm) αναμένεται να αυξηθούν έως το 2030, με συνέπεια την αύξηση των διαβρώσεων του εδάφους και των επιμέρους πλημμύρων (Resco-Sanchez et al., 2014).

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Σεγούρα, ωστόσο, έχει εξελιχθεί σε λιγότερο ευάλωτη περιοχή στις περιόδους ξηρασίας από ότι πριν μερικές δεκαετίες. Τα μέτρα που εφαρμόστηκαν τα τελευταία χρόνια (χρήση μη συμβατικών υδάτινων πόρων, αλλαγές στο πρότυπο του νερού, μέτρα για τη διαχείριση της ζήτησης και την εφαρμογή σχεδίων αντιμετώπισης ανυδρίας) στη νοτιοανατολική Ισπανία για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, έχουν αυξήσει την ανθεκτικότητά του σε αυτόν τον κίνδυνο, με τη χρήση των μη συμβατικών υδάτινων πόρων να αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα σε αυτό το εγχείρημα. Σε περιόδους κανονικής βροχόπτωσης, διαχείριση της ζήτησης (μείωση αστικών περιοχών και γεωργική κατανάλωση) έχει επίσης αποδειχθεί ως μέτρο που αποσκοπεί στην προσαρμογή του εδάφους στην ξηρασία. Η αφαλάτωση διαμορφώνεται όλο και περισσότερο ως συνηθισμένη πηγή αστικού εφοδιασμού σε παράκτιες περιοχές της Ευρωπαϊκή Μεσογείου (Morote et al., 2017). Κατά την τρέχουσα κατάσταση ξηρασίας (2015-2018), οι μονάδες αφαλάτωσης προμήθευαν περίπου το 60-70% των απαιτούμενων υδάτινων πόρων στον παράκτιο και προ-παράκτιο τομέα των επαρχιών του Αλικάντε και της πόλης της Μούρθια. Χάρη σε αυτό, στην ακτή της νοτιοανατολικής Ισπανίας, πρακτικά δεν υπήρχαν περιορισμοί κατανάλωσης νερού

στις αστικές περιοχές κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, σε αντίθεση με τη διάρκεια της ξηρασίας τη δεκαετία του 1990 (Del Moral-Ituarte et al., 2000). Αναμένεται, επίσης, ότι μελλοντικά οι μεγαλύτερες και εντονότερες περιόδοι ξηρασίας θα εντείνουν τη χρήση μη συμβατικών υδάτινων πόρων. Η χρήση του επαναχρησιμοποιούμενου νερού για γεωργικές και αστικές χρήσεις συνεισέφερε στη μείωση της ζήτησης σε γλυκό νερό και ενθάρρυνε μια πιο βιώσιμη χρήση των υδάτινων πόρων ενσωματώνοντάς τους στον κύκλο νερού. Σύμφωνα με τη διαχείριση Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής του Ποταμού Σεγούρα (2015-2021), μεγάλο μέρος (γύρω στο 55%) των υδάτινων ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται σε μονάδες διαχείρισης αστικών λυμάτων, υφίστανται μετέπειτα επεξεργασία και επαναδιοχετεύονται στον ποταμό. Παρά το γεγονός ότι η Μούρθια είναι η πιο άνυδρη περιοχή στην Ισπανία και με φυσική έλλειψη νερού, οι προσπάθειες που πραγματοποιούνται σε αυτήν την περιοχή, την καθιστούν σε μία από τα πιο ευπροσάρμοστες περιοχές της χώρας σε καταστάσεις λειψυδρίας. Ακόμη και με την αύξηση της περιοχής της Μούρθια σε ανθεκτικότητα έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, πολλοί επιστήμονες επισημαίνουν τη λήψη περισσότερων μέτρων και την εκπόνηση περαιτέρω μελετών αναφορικά με το μέλλον της περιοχής (Morote et al., 2019).

Σύμφωνα με μελέτες, στις περιοχές της λεκάνης του Σεγούρα, η μέση ετήσια θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί κατά 3°C, το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων αναμένεται να μειωθεί κατά 32% και οι ογκομετρικές ροές του ποταμού θα μειωθούν από 33 μέχρι 54% έως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα (Senent-Aparicio et al., 2017). Επιπλέον, η συνολική ετήσια απώλεια εξάτμισης από τους ταμιευτήρες κυμαίνεται από 6,5% έως 11,7% των διαθέσιμων υδάτινων πόρων για άρδευση στη λεκάνη απορροής του Σεγούρα, όπου η εξάτμιση από μικρές δεξαμενές είναι διπλάσια από αυτή των μεγάλων φραγμάτων. Ο οικονομικός αντίκτυπος αυτών των απωλειών αυξάνεται με την έλλειψη νερού και κυμαίνεται από 4,3-12,3% της αξίας της γεωργικής παραγωγής, 4-12% του καθαρού αγροτικού κέρδους, 5,8-10,7% της αρδευόμενης έκτασης και 5,4-13,5% της γεωργικής απασχόλησης (σε σύγκριση με τα στατιστικά στοιχεία προηγούμενων δεκαετιών). Τα αποτελέσματα αυτά απεικονίζουν τη σημασία των απωλειών εξάτμισης από ταμιευτήρες σε αυτήν την περιοχή και την αναγκαιότητα περαιτέρω εκπόνησης μελετών και υποδομών στη Μούρθια. Εκτός αυτού, τονίζουν την έκταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σχετικά με τη μελλοντική διαθεσιμότητα και χρήση υδάτινων πόρων στη νότια Ευρώπη (Maestre-Valero et al., 2013). Αναφορικά με τη νοτιοανατολική Ισπανία, μία έρευνα προ δεκαετίας (συγκεκριμένα, το 2011) είχε αναδείξει ότι σε ξηρές και ημιορημικές συνθήκες, πολλά είδη χλωρίδας, όπως κάποιες ποικιλίες τριφυλλίου, είναι ανθεκτικά σε σχετικά ήπιες και βραχυπρόθεσμες εναλλαγές θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων. Σε αυτήν την έρευνα τονίζεται ότι για μακροχρόνιες αλλαγές, πρέπει να υπάρξουν συστηματικότερες και πιο ενδελεχείς μελέτες για την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τη μελλοντική εξέλιξη της εγχώριας χλωρίδας και πανίδας. (Miranda et al., 2011)



Σχήμα 33 (αριστερά): Χάρτης στον οποίο φαίνεται η περιοχή από την οποία πηγάζει ο ποταμός Σεγούρα, καθώς και το γεωγραφικό ανάγλυφο της περιοχής αυτής. Στα αριστερά της εικόνας, φαίνεται η γεωγραφική θέση της Μούρθια εντός της Ισπανίας και η γεωγραφική θέση της περιοχής των πηγών του ποταμού. Πηγή: (Senent-Aparicio et al., 2017). Σχήμα 34 (δεξιά): Χάρτης με το γεωγραφικό ανάγλυφο της Μούρθια. Με έντονο μπλε χρώμα διακρίνεται ο ποταμός Σεγούρα, ενώ με λιγότερο έντονο μπλε χρώμα διακρίνονται οι παραπόταμοι του Σεγούρα καθώς και άλλοι μικρότεροι ποταμοί και παραπόταμοι. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>

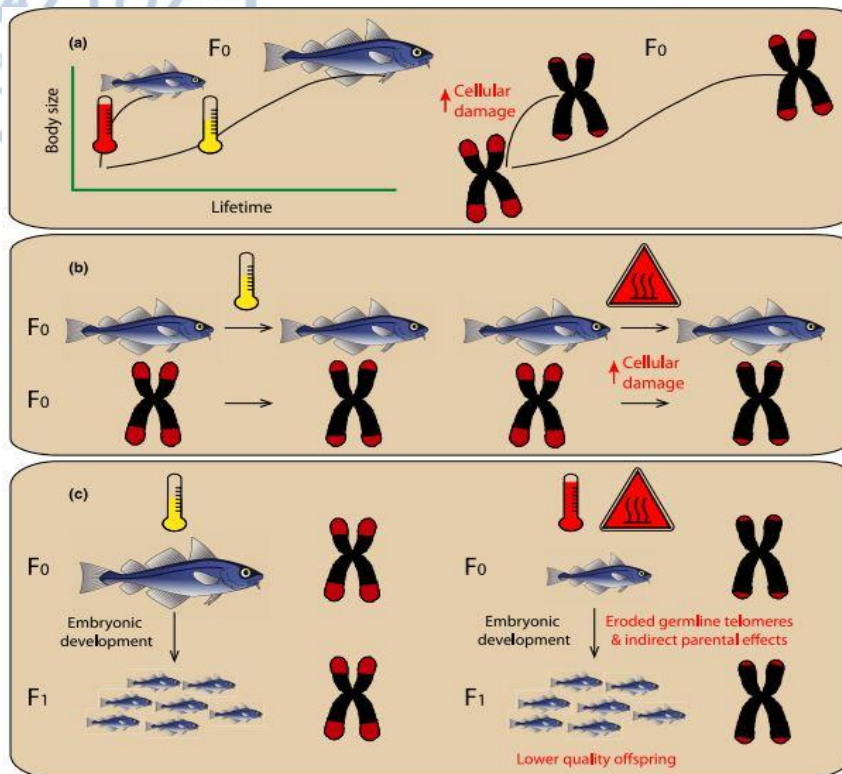
Αστούριας

Στη βορειοδυτική Ισπανία και συγκεκριμένα στην Αστούριας, υπάρχει μεγάλος προβληματισμός αναφορικά με τη διαμόρφωση της ακτογραμμής στην περιοχή. Η ύφεση των ακτών λόγω της συνδυασμένης επίδρασης των κυμάτων, της παλίρροιας και της αύξησης της στάθμης της θάλασσας γίνεται ολοένα και πιο σημαντική απειλή για τις παραλίες, ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των παραθαλάσσιων τουριστικών προορισμών. Πολλές μελέτες έχουν αλλάξει τρέχουσες προσεγγίσεις ως προς την διαχείριση των επιπτώσεων λόγω της κλιματικής αλλαγής με τη δημιουργία διαφορετικών νομικών πλαισίων και παράκτιων υποδομών (Toimil et al., 2018). Πολλές, επίσης, μελέτες αναδεικνύουν την πιθανή επιρροή της κλιματικής αλλαγής σε ήπια υγρά κλίματα (όπως αυτό της βορειοδυτικής Ισπανίας) και σε αγροτικές καλλιέργειες, όπως είναι αυτή των μήλων. Ωστόσο, τα αποτελέσματα ερευνών δείχνουν πως οι τοπικές ποικιλίες μήλων της Βορειοδυτικής Ισπανίας έχουν δείξει υψηλό βαθμό ανταπόκρισης σε σταδιακές αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι ποικιλίες πρώιμου άνθους έδειξαν μια μικρή τάση προς καθυστέρηση ανθοφορίας, ενώ μικρές καθυστερήσεις στις ημερομηνίες ανθοφορίας παρατηρούνται γενικά σε ενδιάμεσες και βραδέως ανθίζουσες ποικιλίες. Ανάλογες έρευνες καλλιεργειών αναδεικνύουν ότι η βόρεια Ισπανία δεν έχει επηρεαστεί σημαντικά από την πρόσφατη αύξηση της θερμοκρασίας (Delgado et al., 2021).

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί ότι έχουν αυξηθεί μεταδιδόμενες μολύνσεις και παθογόνα στοιχεία στις ιχθυοκαλλιέργειες, κατά μήκος της Αστούριας αλλά και όλης της βόρειας Ισπανίας. Οι υψηλές θερμοκρασίες βελτιώνουν τους ρυθμούς μετάδοσης και τη μολυσματικότητα ορισμένων παθογόνων στοιχείων και παρασίτων (Marcogliese, 2008), και έτσι συμβαίνει και στη συγκεκριμένη περιοχή κατά την τελευταία δεκαετία (Polidura & Anadon, 2011) όπου παρά τους αυξημένους

εμβολιασμούς, τα επίπεδα μολυσματικότητας παραμένουν σταθερά συγκριτικά με τις προηγούμενες δεκαετίες, ενώ έπρεπε να έχουν μειωθεί αισθητά. Όσον αφορά τους ελεύθερους (εκτός ιχθυοκαλλιέργειών) πληθυσμούς, ο προσδιορισμός της επίδρασης του κλίματος στις εκτρεφόμενες ασθένειες των ψαριών δεν είναι απλός. Αν και η θνησιμότητα αυξάνεται με μερικά γεγονότα θέρμανσης σε υδρόβια οικοσυστήματα (Harvell et al., 1999; Marcogliese, 2008), ο αριθμός των επιβλαβών παραγόντων είναι τεράστιος και τα παθογόνα στοιχεία είναι μόνο ένας από αυτούς. Ορισμένες ασθένειες αυξάνονται και άλλες μειώνονται με τις αναδιαμορφώσεις της κλιματικής αλλαγής (Brander, 2007), ενώ τα ποσοστά πολλών ασθενειών φαίνεται να είναι παρόμοια με προηγούμενες δεκαετίες, παρά τη σημαντική διακύμανση του κλίματος, καθώς τα παθογόνα στοιχεία έχουν ποικίλες θερμικές προτιμήσεις και συνθήκες που μπορεί να ευνοούν κάποια εξ αυτών, ενώ άλλα όχι. Τα παθογόνα στοιχεία ενδεχομένως διαφοροποιούνται με τις θερμοκρασιακές μεταβολές και οι παραγωγοί θα πρέπει να προετοιμάζονται για την ανάπτυξη νέων εμβολίων και την καθιέρωση νέων στρατηγικών εμβολιασμού (Marcogliese, 2008). Το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών θα υποβληθεί σε αντίξοες κλιματικές συνθήκες (Harvell et al., 1999) και οι μαζικοί εμβολιασμοί μπορεί να έχουν παράδοξα αποτελέσματα της ενίσχυσης άλλων ασθενειών στα πλαίσια νέων κλιματικών συνθηκών.

Μέτρα για τη μείωση της ευπάθειας των ψαριών όπως ο έλεγχος των ιχθυολογικών πληθυσμών ή ο έλεγχος της πληθυσμιακής τους πυκνότητας στις ιχθυοκαλλιέργειες μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη υγιέστερης παραγωγής ψαριών και οι ιχθυοκαλλιέργειες να μην οδηγηθούν στην εξέλιξη μολυσματικών παθογόνων, όπως το βακτήριο *Flavobacterium columnare*, το οποίο πριν από μερικά χρόνια, είχε μολύνει νορβηγικές ιχθυοκαλλιέργειες (Pulkkinen et al., 2010). Επιπλέον, η προληπτική προσέγγιση καθιστά αναγκαίο να αποφευχθούν διαφυγές από τις ιχθυοκαλλιέργειες στα υδάτινα περιβάλλοντα, επειδή τα εκτρεφόμενα ψάρια μπορούν να μεταφέρουν παθογόνα στα οποία είναι ανθεκτικά λόγω εμβολίων και να επηρεάσουν σοβαρά τους ελεύθερους ιχθυολογικούς πληθυσμούς (Márquez et al., 2014).



Σχήμα 35: Στις παραπάνω εικόνες, απεικονίζονται μηχανισμοί με τους οποίους η υπερθέρμανση του περιβάλλοντος θα μπορούσε να αυξήσει τα ποσοστά γήρανσης στους εξώθερμους ιχθύες και κατά συνέπεια να μειώσει τους ιχθυολογικούς πληθυσμούς ή να τους κάνει ευπαθέστερους. (a) Αριστερή πλευρά: διαφορές σε ατομικές τροχιές ανάπτυξης και μέγεθος σώματος κατά την ωρίμανση σε απόκριση με κανονικές (κίτρινο θερμόμετρο) ή υψηλές (κόκκινο θερμόμετρο) θερμικές συνθήκες. Δεξιά πλευρά: η ταχεία ανάπτυξη μπορεί να περιλαμβάνει κυτταρική βλάβη και επακόλουθη αύξηση του ρυθμού συντόμευσης των τελομερών (το κόκκινο καλύμματα στα άκρα των χρωμοσωμάτων). (b) Αριστερά: οι εξώθερμοι έχουν εξελιχθεί για να αντιμετωπίσουν κανονικά καθεστάτα θερμοκρασίας χωρίς να προκύψουν σε θερμική καταπόνηση. Δεξιά πλευρά: τα κύματα θερμότητας προκαλούν θερμική καταπόνηση, οδηγώντας σε κυτταρική βλάβη και κατά συνέπεια ταχύτερη διάβρωση τελομερών. Κάτι τέτοιο δεν περιλαμβάνει απαραίτητα σημαντικές αλλαγές στην ανάπτυξη, καθώς συμβαίνουν συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα. (c) Πιθανές διαγενεακές επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του κλίματος στο μήκος των τελομερών. Αριστερή πλευρά: κανονικά θερμικά σχήματα έχουν ως αποτέλεσμα κανονικά μήκη τελομερών στους απογόνους. Δεξιά πλευρά: υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες και ποσά θερμότητας στη γονική παραγωγή έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στους απογόνους. Πηγή: (Burraco et al., 2020)

Μέθοδοι και μηχανισμοί καταπολέμησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

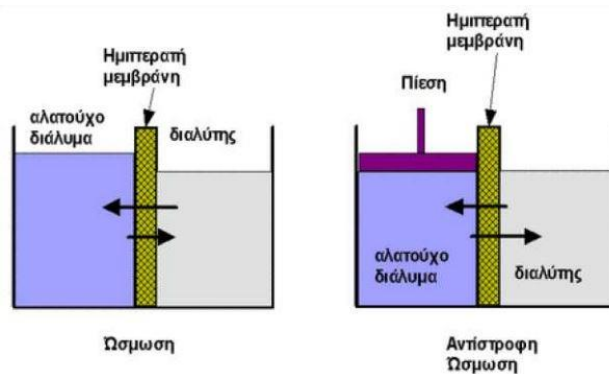
Μονάδες αφαλάτωσης νερού

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, η μείωση των βροχοπτώσεων και των διαθέσιμων υδάτινων πόρων έχει δημιουργήσει την ανάγκη αναπλήρωσης της έλλειψης αυτής με μη-συμβατικούς έως τώρα πόρους, όπως νερό από υπόγεια ρεύματα και από βιομηχανικές μονάδες αφαλάτωσης. Ήδη από το 2005, αναπτύχθηκε υιοθετήθηκε από την Ισπανική Κυβέρνηση το «Εθνικό Υδρολογικό Σχέδιο». Πρόκειται για μελέτη, η οποία πραγματοποιήθηκε από ερευνητές σε συνεργασία με την Ισπανική Κυβέρνηση, σχετικά με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων στην Ισπανία μες στις επόμενες δεκαετίες και προβλέπει αύξηση της ημερήσιας παροχής νερού, μέσω σημαντικής αύξησης της υπάρχουσας αφαλάτωσης, της ανακύκλωσης νερού και του εκσυγχρονισμού των υποδομών ύδρευσης και άρδευσης (Palomar & Losada, 2010).

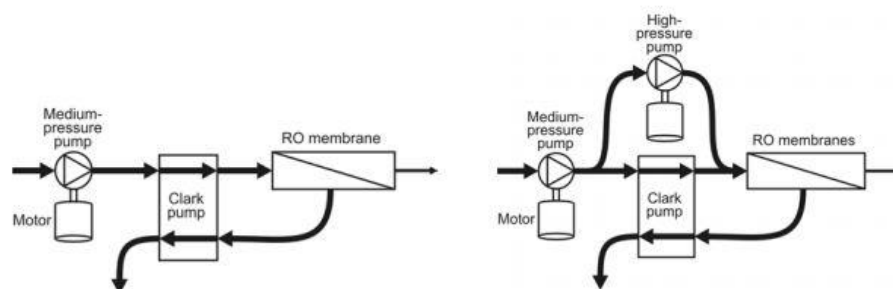
Η αφαλάτωση, άλλωστε, στην Ισπανία έχει μια μακρά ιστορία. Από τις αρχές της δεκαετίας του '60, κατασκευάστηκαν πολλές εγκαταστάσεις για την παροχή πόσιμου νερού, κυρίως στις Κανάριες Νήσους. Σύντομα, θεωρήθηκε ότι άλλοι χρήστες θα χρειαζόταν παροχή νερού σε ανταγωνιστικές τιμές. Η γεωργία ήταν ένα από αυτά. Το άλμα από τα νησιά στην ηπειρωτική χώρα ήταν στη δεκαετία του '90, όταν υπήρχε σημαντική έλλειψη νερού. Σε αυτήν τη δεκαετία, κατασκευάστηκαν περισσότερες από 200 εγκαταστάσεις για αυτήν την εφαρμογή, κυρίως για επεξεργασία υφάλμυρου νερού. Πιο πρόσφατα, η εγκατάσταση μονάδων μεγάλης χωρητικότητας από το ισπανικό κυβερνητικό πρόγραμμα «AGUA» θα σήμαινε το τέλος των μικρών εγκαταστάσεων για τη γεωργία, αν και προέκυψε συζήτηση για την τιμή του αφαλατωμένου νερού μεταξύ της κυβέρνησης και των χρηστών της γεωργίας (Zarzo et al., 2013). Οι περισσότερες μονάδες αφαλάτωσης τα τελευταία χρόνια λειτουργούν με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης. Η απόδοση της μεθόδου αυτής ορίζεται ως ο λόγος της ποσότητας του παραχθέντος πόσιμου νερού ως προς την ποσότητα του επεξεργασμένου νερό που δέχεται η εκάστοτε μονάδα. Μία μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση έχει απόδοση 42-46% με τις περισσότερες μονάδες της χώρας να παράγουν ημερησίως από 50.000 έως 240.000 m³ πόσιμου νερού ημερησίως (Bernabé-Crespo et al., 2019).

Η αντίστροφη όσμωση είναι μια διαδικασία διαχωρισμού, η οποία χρησιμοποιεί πίεση για να ωθήσει ένα διάλυμα μέσω μιας μεμβράνης. Η συγκεκριμένη μεμβράνη συγκρατεί την διαλυμένη ουσία (εν προκειμένω τα άλατα) στην μια πλευρά και

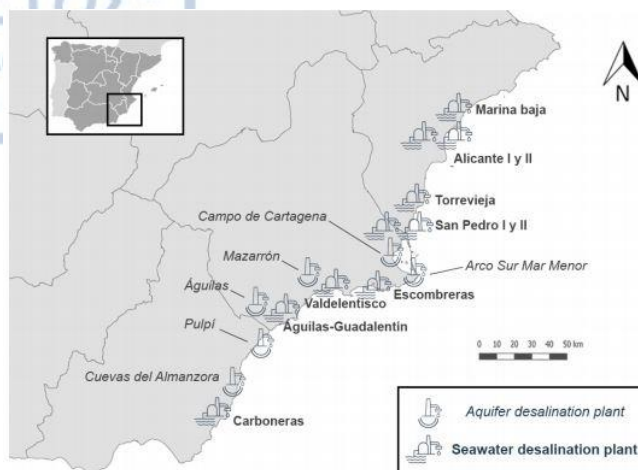
επιτρέπει στον καθαρό, πλέον, διαλύτη να περάσει από την άλλη μεριά. τα τμήματα του δοχείου (στο οποίο γίνεται ο διαχωρισμός) χωρίζονται από μια ημιδιαπερατή μεμβράνη. Το ένα τμήμα περιέχει μια ποσότητα καθαρού νερού, ενώ το άλλο τμήμα περιέχει ίδια ποσότητα αλατούχου διαλύματος (Wilf & Awerbuch, 2007). Η πίεση εξασφαλίζεται από αντλίες, οι οποίες λειτουργούν σε πίεση 4-8 bar αναρροφώντας και καταθλίβοντας το εισερχόμενο αλατούχο νερό όπως και το παραχθέν πόσιμο νερό. Το παραχθέν πόσιμο νερό διοχετεύεται προς ύδρευση και άρδευση έχοντας συγκέντρωση αλάτων 170-330 ppm (Thomson et al., 2003). Επίσης, πολλά είναι τα «υβριδικά» συστήματα αφαλάτωσης, τα οποία αντλούν την απαιτούμενη ενέργεια για την όλη διαδικασία από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες ή μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες (Miranda & Infield, 2003). Έως τώρα, η αφαλάτωση έχει ωφελήσει πολύ αρκετές περιοχές της Ισπανίας, κυρίως το νότιο τμήμα της χώρας και αναμένεται μία αρκετά πιο ευρεία εφαρμογή της μες στις επόμενες δεκαετίες προκειμένου να αντισταθμιστεί η ανεμενόμενη λειψυδρία λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επιφέρει η κλιματική αλλαγή (Bernabé-Crespo et al., 2019).



Σχήμα 36: Σχηματική αναπαράσταση των διαδικασιών της όσμωσης (αριστερά) και της αντίστροφης όσμωσης (δεξιά). Πηγή: (Wilf & Awerbuch, 2007)



Σχήμα 37 (αριστερά) & Σχήμα 38 (δεξιά): Σχεδιαγράμματα συστημάτων λειτουργίας μονάδων αφαλάτωσης με αντλίες μέσης και υψηλής πίεσης, καταθλίβοντας νερό σε μεμβράνες διαχωρισμού κι έπειτα αναρροφώντας το από αυτές. Πηγή: (Thomson et al., 2003)



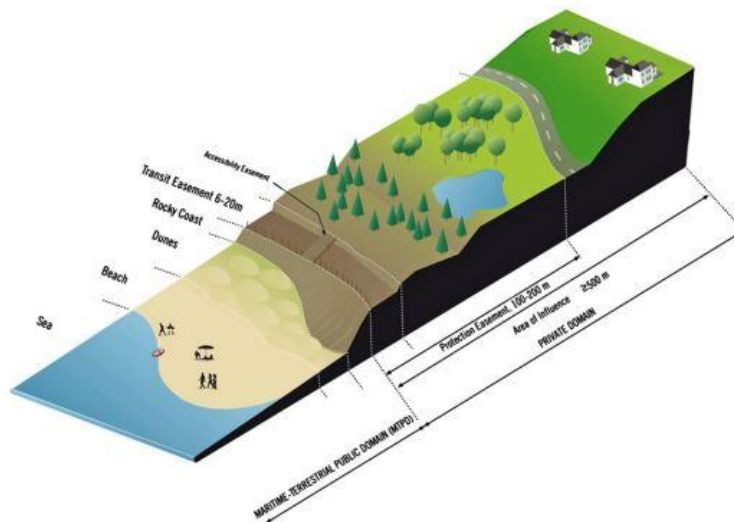
Σχήμα 38: Χάρτης, στον οποίο απεικονίζονται οι μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού και υφάλμυρου νερού στη νοτιοανατολική Ισπανία. Πηγή: (Bernabé-Crespo et al., 2019)

Κατασκευή παράκτιων υποδομών και μεθόδων

Έχοντας πλέον ως δεδομένο ότι η στάθμη της θάλασσας και συνθήκες ακραίας κακοκαιρίας, όπως τυφώνες και πλημμύρες, παρουσιάζουν αυξητική τάση (Church et al., 2008), πολλές παράκτιες περιοχές του πλανήτη εμφανίζουν την ανάγκη κατασκευής και συντήρησης υποδομών, οι οποίες θα αντισταθμίσουν τα αποτελέσματα τέτοιων φαινομένων και θα συντελέσουν στο να μη βυθιστούν μεγάλα τμήματα της παραθαλάσσιας ξηράς και να αποφευχθεί διάβρωση των ακτών και των γύρω εκτάσεων. Μία μέθοδος που εφαρμόζεται τις τελευταίες δεκαετίες στην Ισπανία (κυρίως στο ανατολικό τμήμα της χώρας), αλλά και γενικότερα στις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου, και αναμένεται να είναι ευρέως χρησιμοποιημένη, είναι αυτή των λεγόμενων «coastal setbacks» (Sanò et al., 2011). Πρόκειται για τμήματα περιοχών, στα οποία δεν επιτρέπονται μόνιμες κατασκευές και ορίζονται από μια συγκεκριμένη απόσταση εκ του υψηλότερου σημείου στάθμης της θάλασσας στην ακτή. Η χρήση των coastal setbacks είναι ένα αμφιλεγόμενο μέτρο σχετικά με ό,τι αφορά την αντιμετώπιση των παράκτιων κινδύνων, τη δημόσια χρήση των ακτών καθώς και για την προστασία και διατήρηση του φυσικού και πολιτιστικού τοπίου. Προκύπτει, λοιπόν, πως η κατασκευή τους πρέπει να γίνεται και με βάση τα παραπάνω κριτήρια. Ωστόσο, αναδεικνύεται σίγουρα μεγάλη η σημασία τους για την προστασία των ανθρώπινων οικισμών από τις τρέχουσες και μελλοντικές παράκτιες περιοχές διαδικασίες και την διατήρηση πολιτιστικών και φυσικών πόρων (Sanò et al., 2009).

Η τοποθέτηση σκληρών παράκτιων δομών, όπως θαλάσσια τείχη και κυματοθραύστες, είναι διαδεδομένη πρακτική για τη θωράκιση των ακτών. Στα μέσα της δεκαετίας του 1950, οι παράκτιες ζώνες παρουσίασαν ένα πολύ χαμηλό επίπεδο θωράκισης και οι πιο σημαντικοί οικισμοί ήταν παράκτιες πόλεις και διάφορες αλιευτικές κοινότητες. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η απώλεια, την εξηκονταετία 1956-

2016, 1.784,3 km² παράλιων εκτάσεων λόγω της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης και της θαλάσσιας κινητικότητας (Molina et al., 2019). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει, εν προκειμένω, η περιοχή της Ανδαλουσίας. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και του 1970, το θωρακισμένο μήκος της ακτογραμμής αυξήθηκε από 42,1 (που ήταν το 1956) σε 98,2 χλμ., κάτι στο οποίο συνέβαλε και η δημιουργία λιμανιών, μαρινών και αλιευτικών καταφυγίων, ενώ μέχρι το 2000, το θωρακισμένο μήκος της ακτογραμμής είχε αυξηθεί σε 182,3 km., με αποτέλεσμα να προστατευθούν τεράστιες εκτάσεις από τη θαλάσσια διάβρωση (Manno et al., 2016). Επίσης, εκτιμάται ότι 28 παράκτιες περιοχές της χώρας των Βάσκων (συνολικού μήκους ακτογραμμής 150 km) θα χρειαστούν προστασία με κατασκευές όπως κυματοθραύστες ή παράκτια τείχη, εξαιτίας της επικείμενη διάβρωσης που θα υποστούν λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (De Santiago et al., 2021).



Σχήμα 39: Απεικόνιση τοπίου στο οποίο φαίνεται μία τυπική εφαρμογή coastal setback σε ένα τμήμα μερικών δεκάδων μέτρων, έπειτα της ακτής. Πηγή: (Sanò et al., 2011)



Σχήμα 40 (αριστερά): Τυπικό παράδειγμα παράκτιου τείχους. Πηγή: <http://s0.geograph.org.uk/>
Σχήμα 41 (δεξιά): Τυπικό παράδειγμα κυματοθραύστη. Πηγή: <https://upload.wikimedia.org/>

Η καλλιέργεια της γης

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες και η μείωση των διαθέσιμων προς ύδρευση και άρδευση υδάτινων πόρων δημιουργούν την ανάγκη σε πολλές περιοχές για διαφοροποίησης των μεθόδων καλλιέργειας, ύδρευσης και άρδευσης σε μεγάλες εκτάσεις διαφόρων περιοχών του πλανήτη. Λόγω της προβλεπόμενης αύξησης της θερμοκρασίας στην Ισπανία εντός των επόμενων δεκαετιών, πολλές καλλιέργειες φρούτων αναμένονται να αντικατασταθούν από άλλες φρούτων ανθεκτικότερων στις υψηλές θερμοκρασίες και λιγότερο ανθεκτικών στις ψυχρές κλιματολογικές συνθήκες. Για παράδειγμα, σε περιοχές της Ισπανίας, μελλοντικά, ενδέχεται να εγκαταλειφθούν καλλιέργειες όπως μήλων, κερασιών, αχλαδιών ή δαμάσκηνων. Από την άλλη, είναι αρκετά πιθανό να διαδοθούν καλλιέργειες φρούτων ενδεδειγμένων στα μεσογειακά θερμά κλίματα όπως σύκου, βερίκοκου, αβοκάντο, ή και τροπικών ποικιλιών όπως χουρμά, μπανάνας, ακόμα και καρύδας (Rodríguez et al., 2018).

Μία εκτεταμένη και σημαντική καλλιέργεια στην Ισπανία και τη Μεσόγειο γενικότερα είναι αυτή της ελιάς. Η Ισπανία, άλλωστε, έρχεται πρώτη παραγωγός χώρα ελαιολάδου παγκοσμίως, κατέχοντας περίπου το 38% της ετήσιας παραγωγής (Fraga et al., 2021). Δεδομένης της ισχυρής κλιματικής επιρροής στα ελαιόδεντρα, καθίσταται επιτακτική ανάγκη να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε αυτήν την καλλιέργεια. Στη νότια Ιβηρική χερσόνησο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγαλύτερη περίοδος ωρίμανσης του ελαιοκάρπου και συνάμα χαμηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα η υδρολογική ανάγκη των ελαιοδέντρων να είναι αρκετά μεγαλύτερη. Τα ύψος βροχής αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω στη Δυτική Μεσόγειο, κάτι που αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης των ελαιοδέντρων ακόμα και παραπάνω από 45%. Επομένως, απαιτείται επαρκής και έγκαιρος σχεδιασμός κατάλληλων μέτρων προσαρμογής για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα του ελαιοκομικού τομέα (Fraga et al., 2020). Αν και από περιοχή σε περιοχή, οι εκάστοτε ενέργειες για την προστασία των ελαιοδέντρων μπορεί να διαφέρουν ως προς την καταλληλότητά τους (Fraga et al., 2015), ορισμένες εφαρμόσιμες στρατηγικές αναφορικά με την καλλιέργεια της ελιάς στην Ισπανία είναι οι εξής:

α) Διαχείριση της άρδευσης.

Υπολογίζεται πως οι καλλιέργειες της ελιάς στη Μεσόγειο θα χρειαστούν μία μέση αύξηση της υδάτινης κατανάλωσης κατά περίπου 18,5% (Tanasijevic et al., 2014). Επομένως, μία προτεινόμενη λύση είναι η αύξηση των αρδευτικών υποδομών σε εκτάσεις ελαιώνων, με σκοπό την κάλυψη των παραπάνω αναγκών (Fraga et al., 2021). Μία ακόμη επιλογή είναι η κατάλληλη ποσοτικά άρδευση (με ενδεχόμενη ελεγχόμενη μείωσή της) των ελαιοδέντρων, σύμφωνα με την εποχή, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των απωλειών της παραγωγής. Κατά την πρώιμη περίοδο ωρίμανσης

της, η ελιά είναι ευάλωτη στην ανυδρία και έχει αυξημένες ανάγκες απορρόφησης ύδατος, ενώ στο τελευταίο στάδιο αυτής παρουσιάζει πολύ καλή αντοχή σε έλλειψη υγρασίας (Goldhamer, 1997).

β) Κλάδεμα.

Σύμφωνα με μελέτες, κατάλληλες τεχνικές κλαδέματος των ελαιοδέντρων μπορούν να επιτρέψουν ευνοϊκότερες συνθήκες φωτοσύνθεσης, αερισμού και καρποφορίας, με αποτέλεσμα να αντισταθμιστούν οι δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση του καρπού. Επίσης, προτείνεται η επίστρωση των ελαιώνων με κλαδεμένα φυλλώματα, τα οποία θα λειτουργήσουν σα λίπασμα, κάνοντας το έδαφος πιο πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά (Michalopoulos et al., 2020).

γ) Γεωγραφική μετατόπιση.

Οι προβλεπόμενες υψηλότερες θερμοκρασίες στην Ισπανία, τα επόμενα χρόνια αναμένεται να έχουν αρνητική επίδραση στην απόδοση της ελαιοκομίας και έτσι το βόρειο κομμάτι της χώρας ίσως παρουσιάσει ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια, συγκριτικά με το νότιο. Ενδεχομένως, μελλοντικά η καλλιέργεια της ελιάς στη νότια Ισπανία να μειωθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό (Sparks & Menzel, 2002).

δ) Αντικατάσταση με άλλες καλλιέργειες.

Σε συνθήκες υψηλότερων θερμοκρασιών και μείωσης των υδάτινων πόρων, ενδείκνυται μελλοντικά η μερική αντικατάσταση των ελαιώνων με καλλιέργειες ανθεκτικότερες όπως σπόρων κινόα, τσία, αλλά και παραδοσιακά μεσογειακών καλλιεργειών όπως το ρεβύθι, η φάβα ή η φακή, με σκοπό τη συνέχιση της αγροτικής παραγωγής και εργασίας σε μεγάλο μέρος των χωρών της Μεσογείου (Jacobsen, 2014).

Σημαντική καλλιέργεια για την Ισπανία, επίσης, είναι αυτή του αραβοσίτου. Η συγκεκριμένη καλλιέργεια εκτείνεται σε περιοχές όπως η Αραγονία και η Καταλονία και καταλαμβάνει εκτάσεις περί των 5 εκατομμυρίων στρεμμάτων, πάνω από το 10% δηλαδή του συνόλου των αντίστοιχων εκτάσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Brookes, 2002). Ωστόσο, αναμένεται και αυτή να επηρεαστεί από τις υψηλές θερμοκρασίες που επιφέρει η αλλαγή του κλίματος, όπως και από την αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, καθώς ο συνδυασμός αυτών των δύο επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη του αραβοσίτου, συνεπώς και στα μεγέθη της παραγωγής του (Iglesias & Mínguez, 1995). Σύμφωνα με μελέτες, που έγιναν για την περιοχή της Ανδαλουσίας, προβλέπεται πως, μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, η παραγωγή αραβοσίτου θα μειωθεί από 6% έως 20%, σε σχέση με τα τωρινά δεδομένα, ενώ ένα πιο ακραίο σενάριο κάνει λόγο για μείωση της έως και 40%, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας στην περιοχή (Gabaldón-Leal et al., 2015). Επομένως, η ύπαρξη νέων στρατηγικών, σχετικά με τις καλλιέργειες αραβοσίτου, κρίνεται απαραίτητη και κάποιες εξ αυτών είναι οι παρακάτω:

α) Καλλιέργεια διαφορετικών ποικιλιών αραβοσίτου.

Πειραματικές έρευνες έχουν δείξει πως υπάρχουν ποικιλίες σπόρων αραβοσίτου με ισχυρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και μειωμένες απαιτήσεις σε υδάτινους πόρους, οι οποίες δεν επιδρούν αρνητικά στην αγροτική του παραγωγή. Επομένως, ενδέχεται μεγάλο μέρος αυτών των καλλιεργειών να αντικατασταθεί με αντίστοιχες άλλης ποικιλίας (Cairns et al., 2013a).

β) Επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Δεδομένου ότι υπάρχουν ποικιλίες αρκετά ανθεκτικές στις υψηλές θερμοκρασίες και τη λειψυδρία, πολλές ξηρές περιοχές μπορούν να εξελιχθούν σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις με καλύτερη προοπτική από αυτήν που είχαν ως τώρα, αναφορικά με την παραγωγή αραβοσίτου (Cairns et al., 2013b).

γ) Διαφοροποίηση της συγκομιδής.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες επηρεάζουν την περίοδο ωρίμανσης του αραβοσίτου. Πολλοί επιστήμονες κάνουν λόγο για συντομότερη χρονικά συγκομιδή της σοδειάς στο μέλλον, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των απωλειών αυτής και αποφυγή της περαιτέρω ωρίμανσης και ουσιαστικής καταστροφής της καρποφορίας (Wang et al., 2012).

Οι κλιματικές παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και οι βροχοπτώσεις επηρεάζουν άμεσα την παραγωγή και την ποιότητα του κρασιού. Η οινοπαραγωγή αποτελεί μεγάλο πυλώνα της ισπανικής οικονομίας, καθώς στην Ισπανία βρίσκεται το 13% του συνόλου των παγκόσμιων εκτάσεων αμπελώνων (Carroquino et al., 2020). Επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι στις μεγάλες οινοπαραγωγικά χώρες, οι κατάλληλες για αμπελουργία εκτάσεις αναμένεται να μειωθούν, έως το 2050, από 25% μέχρι και 73% (Hannah et al., 2013). Σχετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει μελέτη που έγινε σχετικά με την καλλιέργεια του οίνου Sierra de Salamanca και απέδειξε ότι τα επόμενα 30 χρόνια, η θερμοκρασιακή αύξηση και η μείωση των βροχοπτώσεων θα προκαλέσει μείωση κατά 75% στις χαρακτηρισμένες ως πολύ ευνοϊκές περιοχές για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων αμπελώνων ενώ οι χαρακτηρισμένες ως ευνοϊκές περιοχές θα μειωθούν στο ήμισυ (Sánchez et al., 2019). Προκύπτει λοιπόν πως η αμπελουργία θα είναι από τους κλάδους της ισπανικής γεωργίας, οι οποίοι θα χρειαστούν την ανάπτυξη νέων μεθόδων για τη διατήρηση και προστασία της εγχώριας παραγωγής. Κάποιες από τις στρατηγικές προστασίας της οινοπαραγωγής και των αμπελώνων στην Ισπανία, είναι οι παρακάτω:

α) Τεχνικές «ψύξης» των αμπελώνων.

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται ανά τον κόσμο είναι αυτή του ψεκασμού με νερό, (χρησιμοποιώντας υδραυλικούς μηχανισμούς) των σταφυλιών στους αμπελώνες. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τοπική μείωση της επικρατούσας θερμοκρασίας και συνάμα μείωση των αναγκών άρδευσης της καλλιέργειας. Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και μειωμένων βροχοπτώσεων, η συγκεκριμένη

μέθοδος μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά ωφέλιμη για την προστασία των σταφυλιών (Nicholas & Durham, 2012).

β) Καλλιέργεια διαφορετικών ποικιλιών σταφυλιών.

Η ανάγκη μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην οινοπαραγωγή καθιστά αναγκαία την υιοθέτηση καλλιέργειας σταφυλιών ανθεκτικότερων σε υψηλές θερμοκρασίες και ανυδρία, με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητας και της ποσότητας του παραχθέντος οίνου, αλλά και της ελαχιστοποίησης των αναγκών των αμπελώνων σε νερό (Hannah et al., 2013).

γ) Αποθήκευση.

Μία μέθοδος που ενδεχομένως να αποφέρει πολύ καλά αποτελέσματα είναι της αποθήκευσης και διατήρησης ριζωμάτων από τμήματα αμπελώνων, τα οποία απεδείχθησαν ανθεκτικά στις δυσμενείς συνθήκες που επιφέρει η κλιματική αλλαγή. Σκοπός αυτής της ενέργειας είναι η χρήση αυτών των ριζωμάτων μελλοντικά, ούτως ώστε οι αμπελώνες που θα προκύψουν να είναι ανθεκτικότεροι και εξίσου παραγωγικοί (Van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017).



Σχήμα 42 (πάνω αριστερά): Ελαιώνες στην Ισπανία.

Πηγή: <https://twitter.com/>

Σχήμα 43 (πάνω δεξιά): Αμπελώνες στη νότια Ισπανία.

Πηγή: <https://www.rimontgowineries.com/>

Σχήμα 44 (κάτω αριστερά): Καλλιέργεια αραβοσίτου στην Ανδαλουσία.

Πηγή: <http://www.ipsnews.net/>

Σχήμα 45 (κάτω δεξιά): Καλλιέργεια εσπεριδοειδών στη Βαλένθια.

Πηγή: <https://nightingaletrails.com/>

Στέγες εκτροπής βρόχινου νερού (Rainout shelters)

Μία μέθοδος, η οποία έχει προταθεί για τη γεωργία και αναμένεται τα επόμενα χρόνια να βρει ενδεχομένως μεγάλη εφαρμογή στην Ιβηρική χερσόνησο είναι αυτή των λεγόμενων rainout shelters (ή στεγών εκτροπής βρόχινου νερού, αν μπορεί να ανταποκριθεί αυτός ο όρος ως προς τη λειτουργία της συγκεκριμένης κατασκευής στα ελληνικά). Αποτελούν μία ιδιαίτερα καινοτόμο μέθοδο στο χώρο της αγροτικής μηχανικής και λειτουργούν ουσιαστικά ως κινούμενα «θερμοκήπια», τα οποία δε δημιουργούν συνθήκες υψηλότερων θερμοκρασιών, αλλά συνθήκες τεχνητής «ξηρασίας». Πιο συγκεκριμένα, οι τέντες των «θερμοκηπίων» αυτών (κατασκευασμένες από νάυλον) είναι προσαρμοσμένες με ράουλα να κυλινδρουν επί του εδάφους και πάνω σε μεταλλικές ράγες, κατά μήκος των καλλιέργειών (Yahdjian & Sala, 2002). Είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένες με αισθητήρες βροχής και όταν βρέχει η κατασκευή παίρνοντας «σήμα», κυλιέται μέσω ηλεκτρικών κινητήρων προς το σημείο της καλλιέργειας το οποίο υφίσταται βροχόπτωση, εκτρέποντας τη βροχή από την εκάστοτε καλλιέργεια. Το βρόχινο νερό καταλήγει σε κατάλληλα διαμορφωμένους συλλέκτες όπου από εκεί διοχετεύεται εκ νέου και ομοιόμορφα στις καλλιέργειες σε κατάλληλες ποσότητες και κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Αυτή η λειτουργία μπορεί να είναι εξαιρετικά χρήσιμη στη διάρκεια άνυδρων περιόδων, κατά τις οποίες οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουν αυξημένη ανάγκη από νερό.

Οι συγκεκριμένες κατασκευές μπορούν να αποτρέψουν την καταστροφή μίας καλλιέργειας από έντονη βροχόπτωση ή χαλάζι, όπως και να ρυθμίσουν την ισόποση κατανομή υδάτινων πόρων σε όλο το εύρος μίας καλλιέργειας, μετά το πέρας μίας βροχόπτωσης, μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων υδραυλικών μηχανισμών. Επιπλέον, με τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας, έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας πολύ αξιόλογος μηχανισμός συλλογής πειραματικών δεδομένων και μετρήσεων μεγεθών όπως βροχοπτώσεων, θερμοκρασιών και υγρασίας (Kreyling et al., 2017). Οι παραπάνω δυνατότητες αναδεικνύουν τους συγκεκριμένους μηχανισμούς ως μία πολύ καλή προοπτική αντιστάθμισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, ενώ οι μέχρι πρότινος εφαρμογές τους σε Αργεντινή, Η.Π.Α και Ισπανία αναδεικνύονται ελπιδοφόρες (Miranda et al., 2011).



Σχήμα 46: Ένας τυπικός μηχανισμός Rainout Shelter σε καλλιέργεια αραβοσίτου.

Πηγή: <https://plantscience.psu.edu/>

Συμπεράσματα

Όπως είναι κατανοητό από τα όσα αναλύθηκαν στα πιο πάνω κεφάλαια, οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι ήδη εμφανείς στην Ισπανία και αναμένεται μελλοντικά να γίνουν εντονότερες. Αναφορικά με το περιβάλλον, η πανίδα και η χλωρίδα της χώρας έχουν ήδη αρχίσει να διαφοροποιούνται, ακολουθώντας τις αλλαγές του κλίματος, με υψηλότερες θερμοκρασίες, χαμηλότερα ποσά βροχής και την αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων όπως καύσωνες, πλημμύρες ή καταιγίδες. Η χώρα αναμένεται να βιώσει τη διαφοροποίηση του κλίματος αρκετά έντονα περισσότερο στο νότιο τμήμα της και σε περιοχές όπως η Ανδαλουσία, η Μούρθια, η Εστρεμαδούρα ή τα Κανάρια Νησιά με αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας μέχρι το 2100, έως και 4°C, μείωση των βροχοπτώσεων σε ποσοστά άνω του 30% και μείωση των ογκομετρικών παροχών νερού των ποταμών έως και πάνω από το μισό. Πολλοί γηγενείς φυτικοί οργανισμοί όπως και παραδοσιακές αγροτικές καλλιέργειες είτε οδηγούνται στον αφανισμό, είτε «μεταναστεύουν» σε μεγαλύτερα υψόμετρα και βορειότερα γεωγραφικά πλάτη αναζητώντας ηπιότερες θερμοκρασίες και καλύτερες συνθήκες βροχοπτώσεων. Μεταξύ αυτών δασικά δέντρα όπως το πεύκο ή η οξιά και καλλιεργήσιμα είδη όπως το μήλο και το αμύγδαλο.

Στα νότια τμήματα της χώρας, ευδοκιμούν όλο και περισσότερα τροπικά είδη φυτικών οργανισμών, ενώ αυτό συμβαίνει και στους τομείς της αγροτικής παραγωγής, με είδη όπως ο φοίνικας και η μπανάνα. Εκτιμάται ωστόσο, πως κάποιες παραδοσιακά μεσογειακές καλλιέργειες, όπως αυτή των αμπελώνων και των ελαιοδέντρων, θα καταφέρουν σε μεγάλο βαθμό να επιβιώσουν στις νέες κλιματικές συνθήκες. Στα κεντρικά και βόρεια τμήματα, το κλίμα αναμένεται να αλλάξει εν μέρει έχοντας ωκεάνιες και εν μέρει μεσογειακές τάσεις. Στα βορειότερα τμήματα της χώρας η μείωση της βροχόπτωσης και η αύξηση της θερμοκρασίας θα κυμανθούν σε μικρότερα επίπεδα, με την αύξηση της θερμοκρασίας να μην ξεπερνά τους 2°C και τη μείωση των βροχοπτώσεων να μην ξεπερνά το 20% ως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, στα περισσότερα μέρη περιοχών όπως η Καντάβρια, η Ναβάρρα, η Ριόχα ή το βόρειο τμήμα της Καστίλλης-Λεόν. Τα κεντρικά τμήματα της χώρας, όπως μέρος της

Καστίλλης-Μάντσα ή η μητροπολιτική περιοχή της Μαδρίτης, αναμένεται επίσης να έχουν ήπια μείωση των βροχοπτώσεων, όπως ο ισπανικός βορράς και η αύξηση των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών εκτιμάται πως θα κυμαίνεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των αντίστοιχων βορρά και νότου. Ωστόσο, η όποια αύξηση της θερμοκρασίας δείχνει να αποτελεί σημαντική επίδραση στην αύξηση των πυρκαγιών στη χώρα. Επίσης, οι αναμενόμενες χαμηλότερες βροχοπτώσεις και υψηλότερες θερμοκρασίες αναμένεται να κάνουν τους φυτικούς οργανισμούς πολλοί πιο ευπαθείς σε ασθένειες και αντιξοότητες λόγω φυσικών καταστροφών. Όσον αφορά τη θαλάσσια χλωρίδα, παρουσιάζεται ανάλογη διαφοροποίηση με αυτή της ξηράς, καθώς στη νότια Ισπανία παρατηρείται τα τελευταία χρόνια αύξηση της παρουσίας τροπικών θαλάσσιων φυτικών οργανισμών, όπως φύκια, ενώ στο βόρειο τμήμα παρατηρείται αντίστοιχη αύξηση θαλάσσιων φυτικών οργανισμών που ευδοκίμοιαν μέχρι πρόσφατα κυρίως στις μεσογειακές ακτές της χώρας, αναδιαμορφώνοντας έτσι εκ νέου σε μεγάλο βαθμό τα υδρόβια συστήματα των περιοχών. Παράλληλα, οι ιχθυολογικοί οργανισμοί καλούνται να επιβιώσουν με λιγότερα ποσά οξυγόνου, δίνοντας χαμηλότερης ποιότητας απογόνους και όντας πιο ευπαθείς στις αρρώστιες, όπως μολύνσεις από βακτήρια. Ο παράγοντας αυτός δημιουργεί ήδη προβλήματα σε πολλές ιχθυοκαλλιέργειες της Ισπανίας και πιο συγκεκριμένα σε παράκτια μέρη όπου η συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι ανεπτυγμένη, όπως στη βόρεια ισπανική ακτογραμμή και περιοχές όπως η Γαλικία, η Αστουρία, η Καντάβρια και η Χώρα των Βάσκων.

Τα επίπεδα των υδροφόρων οριζόντων της χώρας αναμένεται να μειωθούν λόγω των χαμηλότερων βροχοπτώσεων και ενδεχομένως της περαιτέρω άντλησης υδάτινων πόρων λόγω των αυξημένων υδρολογικών αναγκών που θα προκύψουν μελλοντικά. Μεγάλοι ποταμοί της Ισπανίας όπως ο Γουαδαλκιβίρ, ο Τάγος, ο Γουαδιάνα ή ο Σεγούρα θα υποστούν μεγάλη μείωση της στάθμης των υδάτων τους, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο ενδεχόμενο η παροχή γλυκού νερού στις περιοχές, οι οποίες διαρρέονται από αυτούς, να μειωθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Αυτό αναμένεται με τη σειρά του να επιφέρει περαιτέρω συνέπειες, όπως διάβρωση του εδάφους παραποτάμιων περιοχών, απίσχναση του εδάφους από θρεπτικά (για τις δασικές και γεωργικές εκτάσεις) στοιχεία, μείωση της ύδρευσης και της άρδευσης, μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων για άλλες δραστηριότητες, όπως η βιομηχανία. Ακόμα, υπάρχει ο κίνδυνος εισροής θαλασσινού νερού σε ποτάμια και υπόγεια ρεύματα και αύξησης της περιεκτικότητας τους σε άλατα, λόγω της πτώσης της στάθμης και της παροχής υδάτων των υδροφόρων οριζόντων σε συνδυασμό με την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης. Η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης εκτιμάται ότι θα οδηγήσει πολλές παράκτιες περιοχές μελλοντικά στη βύθιση και τη διάβρωση του εδάφους τους, ενώ προς αυτήν την κατεύθυνση θα επιδράσει και η εντονότερη συχνότητα της κυματικής δραστηριότητας και των θαλάσσιων τυφώνων, λόγω της αυξημένης θαλάσσιας θερμοκρασίας. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια, οι ανθρώπινες κοινότητες θα αντιμετωπίσουν δυσκολότερες συνθήκες διαβίωσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι χαμηλές βροχοπτώσεις συνοδευόμενες από περιόδους καύσωνα, λειψυδρίας και

άλλων ακραίων καιρικών φαινομένων αναμένεται να επιφέρουν μεγάλες δυσκολίες σε ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού, όπως άτομα με προβλήματα ή ηλικιωμένους ανθρώπους.

Προκύπτει έτσι η ανάγκη λήψης αποφάσεων, μέτρων και ενεργειών για την προσαρμογή του περιβάλλοντος και των ανθρώπινων κοινωνιών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χώρα, λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες ανάγκες σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Όπως αναλύθηκε, στα προηγούμενα κεφάλαια, κρίνεται αναγκαία η κατασκευή και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης, η επέκταση –σε πολλές περιπτώσεις- του δικτύου και η σωστή διαχείριση της ύδρευσης και της άρδευσης, η εγκατάλειψη και η αντικατάσταση παλαιότερων μεθόδων καλλιέργειών, η κατασκευή παράκτιων υποδομών για την προστασία των εκεί περιοχών από τις αρνητικές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως παραλιακών τειχών ή κυματοθραυστών και αντλητικών εγκαταστάσεων για την αποφυγή εισροής του θαλασσινού νερού στους υδροφόρους ορίζοντες. Άλλωστε, τα τελευταία χρόνια, η κυβέρνηση της χώρας δείχνει να κινείται σε μία κατεύθυνση λήψης αποφάσεων και δράσεων σχετικά με τη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, όπως το «Εθνικό Υδρολογικό Σχέδιο» ή το πλάνο ενεργειών «AGUA», λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τη θέση τη επιστημονικής κοινότητας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτής.

Αναφορικά με τις εγχώριες καλλιέργειες, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη σύγχρονων μεθόδων προστασίας και προσαρμογής τους. Για παράδειγμα, ποικιλίες ελαιών, αμπελιών και αραβοσίτου μπορούν να αντικατασταθούν σταδιακά με αντίστοιχες ποικιλίες περισσότερο ανθεκτικές σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και περιόδων ανυδρίας. Διαφοροποίηση στη συγκομιδή ή στις ημερομηνίες κλαδέματος των ελαιοδέντρων ενδέχεται να επιφέρει πολύ θετικά αποτελέσματα και αντιστάθμιση των απωλειών της παραγωγής. Επέκταση των εκτάσεων πολλών παραδοσιακών ισπανικών καλλιέργειών μπορεί επίσης να αυξήσει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή τροφίμων, καλύπτοντας έτσι τις εγχώριες ανάγκες και να λειτουργήσει επίσης αντισταθμιστικά ως προς τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. Παράλληλα, είναι πιθανόν να εξελιχθεί πολύ ωφέλιμη η τεχνολογία των στεγών εκτροπής βρόχινου νερού (rainout shelters) για την αγροτική παραγωγή της Ισπανίας, κατανέμοντας καταλληλότερα τους υδάτινους πόρους των βροχοπτώσεων στις υπάρχουσες αγροτικές εκτάσεις.

Οι ιχθυοκαλλιέργειες της χώρας αναμένεται να τροποποιηθούν σε σημαντικό βαθμό προκειμένου να μπορούν να συνεχίσουν να έχουν υψηλά επίπεδα παραγωγής ψαριών, τα οποία να είναι, επίσης, κατάλληλα προς βρώση. Συνεχείς εμβολιασμοί των ιχθυολογικών πληθυσμών, ανακύκλωση του θαλασσινού νερού, παρακολούθηση, έλεγχος και ρύθμιση των πληθυσμών των διάφορων ειδών κρίνονται απαραίτητοι με σκοπό τη βέλτιστη αναπαραγωγή των ψαριών, τις κατάλληλες συνθήκες υγιεινής και την αποφυγή λοιμώξεων από παθογόνα, μολυσματικά παράσιτα. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα, με την αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί να διαφοροποιούνται, καθιστώντας έτσι τη δημιουργία νέων εμβολίων και στρατηγικών εμβολιασμού απολύτως απαραίτητες.

Ο εκσυγχρονισμός των κλιματιστικών εγκαταστάσεων, σε πολλές περιοχές της Ισπανίας, είναι πλέον απαραίτητος προκειμένου να προστατευθεί από τις υψηλές θερμοκρασίες μεγάλη μερίδα του ισπανικού πληθυσμού και πιο συγκεκριμένα τα ευπαθέστερα άτομα, ενώ σε μεγάλες πόλεις (όπως στην πρωτεύουσα Μαδρίτη) ίσως κριθεί αναγκαία η δημιουργία περισσότερων χώρων πρασίνου με τη δημιουργία περισσότερων πάρκων ή δασικών εκτάσεων με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας και την αποφυγή θερμών επεισοδίων, ακολουθιών ή έντονου καύσωνα στα αστικά κέντρα. Επίσης, ο έλεγχος των δασικών εκτάσεων για την αποφυγή πυρκαγιών κρίνεται αναγκαίος με σκοπό όχι μόνο την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και των ευνοϊκότερων συνθηκών διαβίωσης που οι εκτάσεις αυτές διασφαλίζουν για τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως και για άλλους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.

Συμπερασματικά, είναι πλέον σίγουρο ότι η κλιματική αλλαγή ήδη επηρεάζει και θα συνεχίσει να επηρεάζει περισσότερο την Ισπανία σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής. Ένα μέρος του ισπανικού πληθυσμού έχει πλέον αρχίσει να βρίσκεται αντιμέτωπο με τις επιπτώσεις της μεταβολής του κλίματος και εκτιμάται ότι αυτό θα αυξηθεί. Έτσι, δε θα είναι λίγοι οι άνθρωποι που θα χρειαστεί να αναπροσδιορίσουν τις δραστηριότητες τους, τον τόπο διαμονής τους, τις ανάγκες τους και συνολικά τον τρόπο ζωής τους, σε ένα περιβάλλον που είναι σχεδόν βέβαιο πως θα διαφοροποιηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό σε σχέση αυτό που μέχρι τώρα ήταν.

Βιβλιογραφία

- Abd-Elmabod, S. K., Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Anaya-Romero, M., Phillips, J. D., Jones, L., ... & de la Rosa, D. (2020). Climate change impacts on agricultural suitability and yield reduction in a Mediterranean region. *Geoderma*, 374, 114453.
- Acero, F. & Fernández, M. & Carrasco, Víctor & Parey, S. & Hoang, Thu Huong & Dacunha-Castelle, Didier & García, J.. (2018). Changes in heat wave characteristics over Extremadura (SW Spain). *Theoretical and Applied Climatology*. 133. 1-13. 10.1007/s00704-017-2210-x.
- Albizua, A., Corbera, E., & Pascual, U. (2019). Farmers' vulnerability to global change in Navarre, Spain: large-scale irrigation as maladaptation. *Regional environmental change*, 19(4), 1147-1158.
- Albizua, A., Pascual, U., & Corbera, E. (2019). Large-scale irrigation impacts socio-cultural values: an example from rural Navarre, Spain. *Ecological economics*, 159, 354-361.

Allison, F. E. (1957). Nitrogen and soil fertility. *Soil, the*, 85-94.

Alonso del Val, F. J., Bedia Jiménez, J., Bruschi, V. M., Fernández López, J. M., Ferrer i Marco, F., Francés Arriola, E., ... & Herrera García, S. (2012). Impacto del cambio climático en el territorio de la mancomunidad de municipios sostenibles de Cantabria: resultados aplicables a la gestión del territorio.

Álvarez, J. G. (2002). *Provincias, regiones y comunidades autónomas: la formación del mapa político de España*. Secretaría General del Senado, Departamento de Publicaciones.

Antón, R., Ruiz-Sagaseta, A., Orcaray, L., Arricibita, F. J., Enrique, A., Soto, I. D., & Virto, I. (2021). Soil Water Retention and Soil Compaction Assessment in a Regional-Scale Strategy to Improve Climate Change Adaptation of Agriculture in Navarre, Spain. *Agronomy*, 11(3), 607.

Arenas-Castro, S., Gonçalves, J. F., Moreno, M., & Villar, R. (2020). Projected climate changes are expected to decrease the suitability and production of olive varieties in southern Spain. *Science of The Total Environment*, 709, 136161.

Ayala, FJ. (2002) Notas sobre los impactos físicos previsibles del cambio climático sobre los lagos y humedales españoles. III Congreso Iberico sobre gestión y planificación de aguas. Sevilla, Spain

Barbir, F., Veziroğlu, T. N., & Plass Jr, H. J. (1990). Environmental damage due to fossil fuels use. *International journal of hydrogen energy*, 15(10), 739-749.

Barrera-Escoda, A., & Cunillera, J. (2011). Climate change projections for Catalonia (NE Iberian Peninsula). Part I: regional climate modeling. *Tethys*, 8, 75-87.

Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological applications*, 15(6), 2084-2096.

Bechtel, B. (2016). The climate of the canary islands by annual cycle parameters. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8.

Bernabé-Crespo, M. B., Gil-Meseguer, E., & Gómez-Espín, J. M. (2019). Desalination and water security in Southeastern Spain. *Journal of Political Ecology*, 26(1), 486-499.

Bode, A., Alvarez-Ossorio, M. T., Cabanas, J. M., Miranda, A., & Varela, M. (2009). Recent trends in plankton and upwelling intensity off Galicia (NW Spain). *Progress in Oceanography*, 83(1-4), 342-350.

Borja A, Muxika I, Rodríguez JG. (2009). Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. *PSZNI: Mar Ecol* 30: 214–227

Bovolo, C. I., Blenkinsop, S., Majone, B., Zambrano-Bigiarini, M., Fowler, H. J., Bellin, A., ... & Barth, J. A. C. (2010). Climate change, water resources and pollution in the Ebro Basin: Towards an integrated approach. In *The Ebro River Basin* (pp. 295-329). Springer, Berlin, Heidelberg.

Boyle, G. (2004). *Renewable energy*, Oxford University Press, 455-456.

Brammer, H. (2016). Floods, cyclones, drought and climate change in Bangladesh: a reality check. *International Journal of Environmental Studies*, 73(6), 865-886.

Brander, K. M. (2007). Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19709-19714.

Brookes, G. (2002). *The farm level impact of using Bt maize in Spain* (p. 23). Canterbury, UK: Brookes West.

Brumbelow, K., & Georgakakos, A. (2001). An assessment of irrigation needs and crop yield for the United States under potential climate changes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D21), 27383-27405

Brunetti M, Buffoni L, Mangianti F, Maugeri M, Nanni T. (2004). Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. *Global Planet Change*;40:141–9.

Burraco, P., Orizaola, G., Monaghan, P., & Metcalfe, N. B. (2020). Climate change and ageing in ectotherms. *Global Change Biology*, 26(10), 5371-5381.

Cairns, J. E., Crossa, C., Zaidi, P. H., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J. L., et al. (2013). Identification of drought, heat and combined drought and heat tolerance donors in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*.

Cairns, J. E., Hellin, J., Sonder, K., Araus, J. L., MacRobert, J. F., Thierfelder, C., & Prasanna, B. M. (2013). Adapting maize production to climate change in sub-Saharan Africa. *Food Security*, 5(3), 345-360.

Camacho, E. (2005) Analisis de la eficiencia y el ahorro de agua en el regadio de la cuenca del Guadalquivir. Inversiones en la modernizacion de regadios. FERAGUA, Spain

- Cano, E., Cano-Ortiz, A., Musarella, C. M., Fuentes, J. P., Ighbareyeh, J. M. H., Gea, F. L., & del Río, S. (2019). Mitigating climate change through bioclimatic applications and cultivation techniques in agriculture (Andalusia, Spain). In *Sustainable Agriculture, Forest and Environmental Management* (pp. 31-69). Springer, Singapore.
- Cao, Z., Peng, H., & Lu, F. (2011). Industrial Carbon Emissions Status and Analysis on Emission Reduction Methods. *Ecological Economy*, 9, 40-45.
- Carmona, M., Máñez Costa, M., Andreu, J., Pulido-Velazquez, M., Haro-Monteagudo, D., Lopez-Nicolas, A., & Cremades, R. (2017). Assessing the effectiveness of Multi-Sector Partnerships to manage droughts: The case of the Jucar river basin. *Earth's Future*, 5(7), 750-770.
- Carroquino, J., Garcia-Casarejos, N., & Gargallo, P. (2020). Classification of Spanish wineries according to their adoption of measures against climate change. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118874.
- Casalí, J., Giménez, R., Díez, J., Álvarez-Mozos, J., de Lersundi, J. D. V., Goñi, M., ... & López, J. (2010). Sediment production and water quality of watersheds with contrasting land use in Navarre (Spain). *Agricultural Water Management*, 97(10), 1683-1694.
- Chirivella Osmá, V., Capilla Romá, J. E., & Pérez Martín, M. A. (2015). Modelling regional impacts of climate change on water resources: the Júcar basin, Spain. *Hydrological Sciences Journal*, 60(1), 30-49.
- Church, J. A., White, N. J., Aarup, T., Wilson, W. S., Woodworth, P. L., Domingues, C. M., ... & Lambeck, K. (2008). Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustainability Science*, 3(1), 9-22.
- Chust G, Galparsoro I, Borja A, Franco J, Beltrán B, Uriarte A. (2007). Detección de cambios recientes en la costa vasca mediante ortofotografía. *Lurralde* 30:59–72
- Chust, G., Borja, Á., Caballero, A., Irigoien, X., Sáenz, J., Moncho, R., ... & Valencia, V. (2011). Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research*, 48(2-3), 307-332.
- Chust, G., Caballero, A., Marcos, M., Liria, P., Hernández, C., Borja, A. (2010) Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century. *Estuar Coast Shelf Sci* 87:113–124
- Cohen, M., Ronchail, J., Alonso-Roldán, M., Morcel, C., Angles, S., Araque-Jimenez, E., & Labat, D. (2014). Adaptability of Mediterranean agricultural systems to climate

- change. The example of the sierra Mágina olive-growing region (Andalusia, Spain). Part I: past and present. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 380-398.
- Collepari, I., Ziaco, E., Pérez-Cruzado, C., & Monaco, A. L. (2020). Characterisation of Woody Necromass in Beech Forests with Different Anthropic Accessibility: The Case of La Rioja (Spain). In *Environmental Sciences Proceedings* (Vol. 3, No. 1, p. 26). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Daniell, K. A., Costa, M. A. M., Ferrand, N., Kingsborough, A. B., Coad, P., & Ribarova, I. S. (2011). Aiding multi-level decision-making processes for climate change mitigation and adaptation. *Regional Environmental Change*, 11(2), 243-258.
- Dasgupta, S., Huq, M., Khan, Z. H., Ahmed, M. M. Z., Mukherjee, N., Khan, M., & Pandey, K. D. (2010). Vulnerability of Bangladesh to cyclones in a changing climate: Potential damages and adaptation cost. *World Bank Policy Research Working Paper*, (5280).
- Day, J. W., Maltby, E., & Ibáñez, C. (2006). River basin management and delta sustainability: A commentary on the Ebro Delta and the Spanish National Hydrological Plan. *Ecological Engineering*, 26(2), 85-99.
- De Cantabria, G.o.b.i.e.r.n.o., & de Medio Ambiente, C. (2017). Estrategia de acción frente al cambio climático de Cantabria.
- De Castro, M., Martín-Vide, J., & Alonso, S. (2005). The climate of Spain: past, present and scenarios for the 21st century. *A preliminary assessment of the impacts in Spain due to the effects of climate change*. Madrid: Min Envir, 1-62.
- De Santiago, I., Camus, P., González, M., Liria, P., Epelde, I., Chust, G., ... & Uriarte, A. (2021). Impact of climate change on beach erosion in the Basque Coast (NE Spain). *Coastal Engineering*, 167, 103916.
- Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., & Langlade, N. (2017). Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *OCL Oilseeds and fats crops and lipids*, 24(1), 15-p.
- Del Moral-Ituarte, L.; Giansante, C. Constraints to Drought Contingency Planning in Spain: The Hydraulic Paradigm and the Case of Seville. *J. Conting. Crisis Manag.* 2000, 8, 93–102.
- Del Río, S., & Penas, A. (2006). Potential areas of evergreen forests in Castile and Leon (Spain) according to future climate change. *Phytocoenologia*, 36(1), 45.
- Del Río, S., & Penas, A. (2006). Potential distribution of semi-deciduous forests in Castile and Leon (Spain) in relation to climatic variations. *Plant Ecology*, 185(2), 269-282.

Del Rio, S., Fraile, R., Herrero, L., & Penas, A. (2007). Analysis of recent trends in mean maximum and minimum temperatures in a region of the NW of Spain (Castilla y León). *Theoretical and Applied Climatology*, 90(1), 1-12.

Del Río, S., Penas, A., & Perez-Romero, R. (2005). Potential areas of deciduous forests in Spain (Castile and Leon) according to future climate change. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 139(2), 222-233.

Delgado, A., Egea, J. A., Luedeling, E., & Dapena, E. (2021). Agroclimatic requirements and phenological responses to climate change of local apple cultivars in northwestern Spain. *Scientia Horticulturae*, 283, 110093.

Diaz, J. R., Weatherhead, E. K., Knox, J. W., & Camacho, E. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*, 7(3), 149-159.

Domínguez, A., & de Juan, J. A. (2008). Agricultural water management in Castilla-La Mancha (Spain). In *Agricultural Water Management Research Trends* (pp. 69-128). Nova Science Publishers, Inc. New York, USA.

Enríquez, A. R., Marcos, M., Álvarez-Ellacuría, A., Orfila, A., & Gomis, D. (2017). Changes in beach shoreline due to sea level rise and waves under climate change scenarios: application to the Balearic Islands (western Mediterranean). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(7), 1075-1089.

Esper, J., Großjean, J., Camarero, J. J., García-Cervigón, A. I., Olano, J. M., González-Rouco, J. F., ... & Büntgen, U. (2015). Atlantic and Mediterranean synoptic drivers of central Spanish juniper growth. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(3), 571-579.

Estrela, M. J. (2020). Precipitaciones por frentes atlánticos en la Comunidad Valenciana: cambios y tendencias en las últimas décadas. *Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*, (28).

Estrela, T., Pérez-Martin, M. A., & Vargas, E. (2012). Impacts of climate change on water resources in Spain. *Hydrological Sciences Journal*, 57(6), 1154-1167.

Estrela-Segrelles, C., Gómez-Martínez, G., & Pérez-Martín, M. Á. (2021). Risk assessment of climate change impacts on Mediterranean coastal wetlands. Application in Júcar River Basin District (Spain). *Science of the Total Environment*, 790, 148032.

Expósito, F. J., González, A., Pérez, J. C., Díaz, J. P., & Taima, D. (2015). High-resolution future projections of temperature and precipitation in the Canary Islands. *Journal of Climate*, 28(19), 7846-7856.

- Fatorić, S., & Chelleri, L. (2012). Vulnerability to the effects of climate change and adaptation: The case of the Spanish Ebro Delta. *Ocean & Coastal Management*, 60, 1-10.
- Feng, S., Krueger, A. B., & Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration. *Proceedings of the national academy of sciences*, 107(32), 14257-14262.
- Ferrer, J., Pérez-Martín, M. A., Jiménez, S., Estrela, T., & Andreu, J. (2012). GIS-based models for water quantity and quality assessment in the Júcar River Basin, Spain, including climate change effects. *Science of the Total Environment*, 440, 42-59.
- Fox-Skelly, J. (2017). There are diseases hidden in ice, and they are waking up. *BBC Earth*, 4.
- Fonseca, D., Carvalho, M. J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., & Rocha, A. (2016). Recent trends of extreme temperature indices for the Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, 66-76.
- Fraga, H., Costa, R., Moutinho-Pereira, J., Correia, C. M., Dinis, L. T., Gonçalves, I., ... & Santos, J. A. (2015). Modeling phenology, water status, and yield components of three Portuguese grapevines using the STICS crop model. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(4), 482-491.
- Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., & Santos, J. A. (2021). Mediterranean Olive Orchards under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. *Agronomy*, 11(1), 56.
- Fraga, H., Pinto, J. G., Viola, F., & Santos, J. A. (2020). Climate change projections for olive yields in the Mediterranean Basin. *International Journal of Climatology*, 40(2), 769-781.
- Gabaldón-Leal, C., Lorite, I. J., Mínguez, M. I., Lizaso, J. I., Dosio, A., Sanchez, E., & Ruiz-Ramos, M. (2015). Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain. *Climate Research*, 65, 159-173.
- Gabaldón-Leal, C., Lorite, I. J., Mínguez, M. I., Lizaso, J. I., Dosio, A., Sanchez, E., & Ruiz-Ramos, M. (2015). Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain. *Climate Research*, 65, 159-173.
- Gaitán, E., Monjo, R., Pórtolles, J., & Pino-Otín, M. R. (2020). Impact of climate change on drought in Aragon (NE Spain). *Science of The Total Environment*, 740, 140094.
- García-Ruiz, J.M, Lana-Renault N. (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region — a review. *Agric Ecosyst Environ* 2011;140(3–4):317–38.

García-Ruiz, J.M, López-Moreno JI, Serrano-Vicente SM, Beguería S, Lasanta T. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth-Sci Rev*;105(3-4):121-39.

García-Vera, M. Á. (2013). The application of hydrological planning as a climate change adaptation tool in the Ebro basin. *International Journal of Water Resources Development*, 29(2), 219-236.

Garrido, A., Willaarts, B., López-Gunn, E., & Rey, D. (2012). Considerations on climate variability and change in Spain. De Stefano L, Ramón Llamas M (eds) *Water, agriculture and the environment in Spain can we square the circle*, 191-202.

Gauquelin, T., Bertaudiere, V., Montes, N., Badri, W., & Asmode, J. F. (1999). Endangered stands of thuriferous juniper in the western Mediterranean basin: ecological status, conservation and management. *Biodiversity & Conservation*, 8(11), 1479-1498.

Gimeno, T. E., Escudero, A., Delgado, A., & Valladares, F. (2012). Previous land use alters the effect of climate change and facilitation on expanding woodlands of Spanish Juniper. *Ecosystems*, 15(4), 564-579.

Goldhamer, D. A. (1997). Regulated deficit irrigation for California canning olives. In *III International Symposium on Olive Growing 474* (pp. 369-372).

Gomez, C. M., Tirado, D., & Rey-Maqueira, J. (2004). Water exchanges versus water works: Insights from a computable general equilibrium model for the Balearic Islands. *Water Resources Research*, 40(10).

Gómez-Villarino, M. T., Gómez Villarino, M., & Ruiz-Garcia, L. (2021). Implementation of Urban Green Infrastructures in Peri-Urban Areas: A Case Study of Climate Change Mitigation in Madrid. *Agronomy*, 11(1), 31.

Gonzalez de Andres, E., Seely, B., Blanco, J. A., Imbert, J. B., Lo, Y. H., & Castillo, F. J. (2017). Increased complementarity in water-limited environments in Scots pine and European beech mixtures under climate change. *Ecohydrology*, 10(2), e1810.

González, M., Uriarte, A., Fontán, A., Mader, J., Gyssels, P. (2004). Marinedynamics. In: Borja A, Collins M (eds) *Oceanography and marine environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanogr Ser 70:133-157

Gruda, N., Bisbis, M., & Tanny, J. (2019). Influence of climate change on protected cultivation: Impacts and sustainable adaptation strategies-A review. *Journal of Cleaner Production*, 225, 481-495.

Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., ... & Hijmans, R. J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(17), 6907-6912.

- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R., Epstein, P.R., Grimes, D.J., Hofmann, E.E., Lipp, E.K., Osterhaus, A.D.M.E., Overstreet, R.M., Porter, J.W., Smith, G.W., Vasta, G.R., (1999). Emerging marine diseases—climate links and anthropogenic factors. *Science* 285 (5433), 1505–1510.
- Hawkins, B., Sharrock, S., & Havens, K. (2008). *Plants and climate change: which future?*. Botanic Gardens Conservation International.
- Hernandez, Y., Barbosa, P., Corral, S., & Rivas, S. (2018). An institutional analysis to address climate change adaptation in Tenerife (Canary Islands). *Environmental science & policy*, 89, 184-191.
- Hessl, A. E. (2011). Pathways for climate change effects on fire: Models, data, and uncertainties. *Progress in Physical Geography*, 35(3), 393-407.
- Homar, V., Ramis, C., Romero, R., & Alonso, S. (2010). Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 1(98), 199-211.
- Iglesias, A., & Mínguez, M. I. (1995). Prospects for maize production in Spain under climate change. *Climate change and agriculture: analysis of potential international impacts*, 59, 259-273.
- Iglesias, A.; Estrela, T. & Gallart, F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. Impactos del cambio climático en España [Impacts on Water Resources. Climate Change Impacts in Spain]. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain.
- Invidiata, A., & Ghisi, E. (2016). Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. *Energy and Buildings*, 130, 20-32.
- Jacobsen, S. E. (2014). New Climate-Proof Cropping Systems in Dry Areas of the Mediterranean Region. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5), 399-401.
- Jordà, G., Gomis, D., Álvarez-Fanjul, E., Somot, S. (2012). Atmospheric contribution to Mediterranean and nearby Atlantic sea level variability under different climate change scenarios. *Global Planet Change* 80-81:198–214
- Kreyling, J., Khan, M. A. A., Sultana, F., Babel, W., Beierkuhnlein, C., Foken, T., ... & Jentsch, A. (2017). Drought effects in climate change manipulation experiments: quantifying the influence of ambient weather conditions and rain-out shelter artifacts. *Ecosystems*, 20(2), 301-315.

Lau, W. K. M., Wu, H. T., & Kim, K. M. (2013). A canonical response of precipitation characteristics to global warming from CMIP5 models. *Geophysical Research Letters*, 40(12), 3163-3169.

Limones-Rodríguez, N., Marzo-Artigas, J., Pita-López, M. F., & Díaz-Cuevas, M. P. (2018). The impact of climate change on air conditioning requirements in Andalusia at a detailed scale. *Theoretical and Applied Climatology*, 134(3), 1047-1063.

Liuzzo L, Noto L, Vivoni E, La Loggia G. (2010). Basin-scale water resources assessment in Oklahoma under synthetic climate change scenarios using a fully distributed hydrologic model. *J Hydrol Eng*;15(2):107–22.

López-Moreno, J. I., Beguería, S., Vicente-Serrano, S. M., & García-Ruiz, J. M. (2007). Influence of the North Atlantic Oscillation on water resources in central Iberia: Precipitation, streamflow anomalies, and reservoir management strategies. *Water Resources Research*, 43(9).

López-Moreno, J. I., Zabalza, J., Vicente-Serrano, S. M., Revuelto, J., Gilaberte, M., Azorin-Molina, C., ... & Tague, C. (2014). Impact of climate and land use change on water availability and reservoir management: Scenarios in the Upper Aragón River, Spanish Pyrenees. *Science of the total environment*, 493, 1222-1231.

Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M., López-Moreno, J. I., Beguería, S., García-Ruiz, J. M., & Cuadrat, J. M. (2010). The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). *Journal of Hydrology*, 386(1-4), 13-26.

Luque, A., Martín, J. L., Dorta, P., & Mayer, P. (2013). Temperature trends on Gran Canaria (Canary Islands). An example of global warming over the subtropical Northeastern Atlantic. *Atmospheric and Climate Sciences*, 2014.

Maestre-Valero, J. F., Martínez-Granados, D., Martínez-Alvarez, V., & Calatrava, J. (2013). Socio-economic impact of evaporation losses from reservoirs under past, current and future water availability scenarios in the semi-arid Segura Basin. *Water Resources Management*, 27(5), 1411-1426.

Manno, G., Anfuso, G., Messina, E., Williams, A. T., Suffo, M., & Liguori, V. (2016). Decadal evolution of coastline armouring along the Mediterranean Andalusia littoral (South of Spain). *Ocean & Coastal Management*, 124, 84-99.

Marcogliese, D.J., (2008). The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev. Sci. Tech.* 27 (2), 467–484.

- Marcos, E., Calvo, L., Marcos, J. A., Taboada, Á., & Tárrega, R. (2010). Tree effects on the chemical topsoil features of oak, beech and pine forests. *European Journal of forest research*, 129(1), 25-30.
- Marcos, M., Chust, G., Jordà, G., & Caballero, A. (2012). Effect of sea level extremes on the western Basque coast during the 21st century. *Climate Research*, 51(3), 237-248.
- Márquez, I., García-Vázquez, E., & Borrell, Y. J. (2014). Possible effects of vaccination and environmental changes on the presence of disease in northern Spanish fish farms. *Aquaculture*, 431, 118-123.
- Martí, R., & Del Moral, J.C., (2003) Aguja Colinegra Limosa limosa. In: La invernada de aves acuáticas en España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp 120–121
- Martin-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(8), 959-971.
- Mendelsohn, R. (2000). Efficient adaptation to climate change. *Climatic Change*, 45(3), 583-600.
- Mezquida, E. T., Villarán, A., & Pascual-Parra, J. (2007). Timing of autumn bird migration in central Spain in light of recent climate change. *Ardeola*, 54(2), 251-259.
- Michalopoulos, G., Kasapi, K. A., Koubouris, G., Psarras, G., Arampatzis, G., Hatzigiannakis, E., ... & Kokkinos, G. (2020). Adaptation of Mediterranean olive groves to climate change through sustainable cultivation practices. *Climate*, 8(4), 54.
- Miranda, J. D. D., Armas, C., Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2011). Climatic change and rainfall patterns: effects on semi-arid plant communities of the Iberian Southeast. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1302-1309.
- Miranda, M. S., & Infield, D. (2003). A wind-powered seawater reverse-osmosis system without batteries. *Desalination*, 153(1-3), 9-16.
- Mock, C. J. (2008). Tropical cyclone variations in Louisiana, USA, since the late eighteenth century. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9(5).
- Molina, R., Anfuso, G., Manno, G., & Gracia Prieto, F. J. (2019). The Mediterranean coast of andalusia (Spain): Medium-term evolution and impacts of coastal structures. *Sustainability*, 11(13), 3539.
- Moratiel, R., Snyder, R. L., Durán, J. M., & Tarquis, A. M. (2011). Trends in climatic variables and future reference evapotranspiration in Duero Valley (Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(6), 1795-1805.

Moreno, J. M., Álvarez Cobelas, M., Benito, G., Catalán, J., Ramos, M., Rosa, D. D. L., ... & Zazo, C. (2005). Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático.

Morote, Á. F., Olcina, J., & Hernández, M. (2019). The use of non-conventional water resources as a means of adaptation to drought and climate change in Semi-Arid Regions: South-Eastern Spain. *Water*, 11(1), 93.

Morote, A.F.; Rico, A.M.; Moltó, E. Critical review of desalination in Spain: A resource for the future? *Geogr. Res.* 2017, 55, 412–423.

Morrongiello, J. R., Beatty, S. J., Bennett, J. C., Crook, D. A., Ikedife, D. N., Kennard, M. J., ... & Rayner, T. (2011). Climate change and its implications for Australia's freshwater fish. *Marine and Freshwater Research*, 62(9), 1082-1098.

Mourato, S., Moreira, M., & Corte-Real, J. (2015). Water resources impact assessment under climate change scenarios in Mediterranean watersheds. *Water Resources Management*, 29(7), 2377-2391.

Négrel, P., Roy, S., Petelet-Giraud, E., Millot, R., & Brenot, A. (2007). Long-term fluxes of dissolved and suspended matter in the Ebro River Basin (Spain). *Journal of Hydrology*, 342(3-4), 249-260.

Nicholas, K. A. & Durham, W. H. (2012). Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change*, 22-48.

Orosa, J. A., Costa, Á. M., Rodríguez-Fernández, Á., & Roshan, G. (2014). Effect of climate change on outdoor thermal comfort in humid climates. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1), 1-9.

Palomar, P., & Losada, I. J. (2010). Desalination in Spain: recent developments and recommendations. *Desalination*, 255(1-3), 97-106.

Pardos, M., Pérez, S., Calama, R., Alonso, R., & Lexer, M. J. (2017). Ecosystem service provision, management systems and climate change in Valsain forest, central Spain. *Regional environmental change*, 17(1), 17-32.

Paredes-Arquiola, J., Martínez-Capel, F., Solera, A., & Aguilera, V. (2013). Implementing environmental flows in complex water resources systems—case study: the Duero river basin, Spain. *River Research and Applications*, 29(4), 451-468.

Pascual, D., Pla, E., Lopez-Bustins, J. A., Retana, J., & Terradas, J. (2015). Impacts of climate change on water resources in the Mediterranean Basin: A case study in Catalonia, Spain. *Hydrological Sciences Journal*, 60(12), 2132-2147.

Pausas JG (2004) Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin). *Clim Change* 63(3):337–350

Peñuelas, J., Sardans, J., Filella, I., Estiarte, M., Llusà, J., Ogaya, R., ... & Terradas, J. (2018). Assessment of the impacts of climate change on Mediterranean terrestrial ecosystems based on data from field experiments and long-term monitored field gradients in Catalonia. *Environmental and Experimental Botany*, 152, 49-59.

Pérez FF, Boscolo R (eds) (2010) Climate in Spain: past, present and future. Regional climate change assessment report. Red temática Clivar-España.

Pérez, G., Díez, J. J., Ibeas, F., & Pajares, J. A. (2008). Assessing pine wilt disease risk under a climate change scenario in Northwestern Spain. In *Managing forest ecosystems: the challenge of climate change* (pp. 269-282). Springer, Dordrecht.

Pickup, G. (1998). Desertification and climate change--the Australian perspective. *Climate Research*, 11(1), 51-63.

Pielke Jr, R. A., Landsea, C., Mayfield, M., Layer, J., & Pasch, R. (2005). Hurricanes and global warming. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86(11), 1571-1576.

Pineiro-Corbeira, C., Barreiro, R., & Cremades, J. (2016). Decadal changes in the distribution of common intertidal seaweeds in Galicia (NW Iberia). *Marine Environmental Research*, 113, 106-115.

Polidura, A., Anadón, R., (2011). Cambio Climático y Biodiversidad en Asturias. In: del Principado-KRK, Gobierno (Ed.), ISBN: 978-84-8367-343-0 (185 pp. pdf (pag. Asturias Medioambiente)

Pulkkinen, K., Suomalainen, L.-R., Read, A.F., Ebert, D., Rintamäki, P., Valtonen, E.T., (2010). Intensive fish farming and the evolution of pathogen virulence: the case of columnaris disease in Finland. *Proc. R. Soc. B* 277, 593–600.

Raposo JR, Molinero J, Dafonte J (2012) Parameterization and quantification of recharge in crystalline fractured bedrocks in Galicia-Costa (NW Spain). *Hydrol Earth Syst Sci* 16:1667–1683

Raposo, J. R., Dafonte, J., & Molinero, J. (2013). Assessing the impact of future climate change on groundwater recharge in Galicia-Costa, Spain. *Hydrogeology Journal*, 21(2), 459-479.

Raval, A., & Ramanathan, V. (1989). Observational determination of the greenhouse effect. *Nature*, 342(6251), 758-761.

- Resco Sánchez P, Bardají I, Iglesias A, et al. (2014) Vulnerabilidad del viñedo español al cambio climático. In: Castillo, J.S., Compés, R. (eds), *La economía del vino en España y el mundo. Serie Economía*. Almería, Spain: Cajamar, Caja Rural, 245-267.
- Ribalaygua, J., Pino, M. R., Pórtoles, J., Roldán, E., Gaitán, E., Chinarro, D., & Torres, L. (2013). Climate change scenarios for temperature and precipitation in Aragón (Spain). *Science of the Total Environment*, 463, 1015-1030.
- Rijnsdorp, A. D., Peck, M. A., Engelhard, G. H., Möllmann, C., & Pinnegar, J. K. (2009). Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES journal of marine science*, 66(7), 1570-1583.
- Robson, T. M., Rasztoivits, E., Aphalo, P. J., Alia, R., & Aranda, I. (2013). Flushing phenology and fitness of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances from a trial in La Rioja, Spain, segregate according to their climate of origin. *Agricultural and forest meteorology*, 180, 76-85.
- Rodríguez, A., Pérez-López, D., Centeno, A., & Ruiz-Ramos, M. (2021). Viability of temperate fruit tree varieties in Spain under climate change according to chilling accumulation. *Agricultural Systems*, 186, 102961.
- Rodríguez, A., Pérez-López, D., Sánchez, E., Centeno, A., Gómara, I., Dosio, A., & Ruiz-Ramos, M. (2018). Chilling accumulation in temperate fruit trees in Spain under climate change. *Journal Natural Hazards Earth Syst. Sci.*
- Rodríguez-Blanco, M. L., Arias, R., Taboada-Castro, M. M., Nunes, J. P., Keizer, J. J., & Taboada-Castro, M. T. (2016). Potential impact of climate change on suspended sediment yield in NW Spain: a case study on the Corbeira Catchment. *Water*, 8(10), 444.
- Rodríguez-Rodríguez, G., & Ramudo, R. B. (2017). Market driven management of climate change impacts in the Spanish mussel sector. *Marine Policy*, 83, 230-235.
- Roudier, P., Andersson, J. C., Donnelly, C., Feyen, L., Greuell, W., & Ludwig, F. (2016). Projections of future floods and hydrological droughts in Europe under a+ 2 C global warming. *Climatic change*, 135(2), 341-355.
- Roy, N. C., Sen, R. C., & Chowdhury, M. A. (2019). Consequences of climate change on fish diversity in Dekhar Haor Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7, 118-124.
- Rutherford, T. A., & Webster, J. M. (1987). Distribution of pine wilt disease with respect to temperature in North America, Japan, and Europe. *Canadian Journal of Forest Research*, 17(9), 1050-1059.

Sala, J. Q., Chiva, E. M., & Vázquez, V. Q. (2018). La elevación de las temperaturas en el norte de la Comunidad Valenciana: valor y naturaleza (1950-2016). *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (69), 41-53.

Salvador, C., Nieto, R., Linares, C., Diaz, J., & Gimeno, L. (2019). Effects on daily mortality of droughts in Galicia (NW Spain) from 1983 to 2013. *Science of the Total Environment*, 662, 121-133.

Sánchez, Y., Martínez-Graña, A. M., Santos-Francés, F., & Yenes, M. (2019). Index for the calculation of future wine areas according to climate change application to the protected designation of origin "Sierra de Salamanca"(Spain). *Ecological Indicators*, 107, 105646.

Sanchez-Garcia, M., Royo, C., Aparicio, N., Martin-Sanchez, J. A., & Alvaro, F. (2013). Genetic improvement of bread wheat yield and associated traits in Spain during the 20th century. *The Journal of Agricultural Science*, 151(1), 105-118.

Sánchez-Guzmán, J. M., Morán, R., Masero, J. A., Corbacho, C., Costillo, E., Villegas, A., & Santiago-Quesada, F. (2007). Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain. *Biodiversity and Conservation*, 16(12), 3333-3344.

Sánchez-Sastre, L. F., Alte da Veiga, N., Ruiz-Potosme, N. M., Hernández-Navarro, S., Marcos-Robles, J. L., Martín-Gil, J., & Martín-Ramos, P. (2020). Sugar beet agronomic performance evolution in NW Spain in future scenarios of climate change. *Agronomy*, 10(1), 91.

Sanderson, M. G., Hemming, D. L., & Betts, R. A. (2011). Regional temperature and precipitation changes under high-end ($\geq 4^{\circ}\text{C}$) global warming. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934), 85-98.

Sangil, C., Sansón, M., Afonso-Carrillo, J., Herrera, R., Rodríguez, A., Martín-García, L., & Díaz-Villa, T. (2012). Changes in subtidal assemblages in a scenario of warming: proliferations of ephemeral benthic algae in the Canary Islands (eastern Atlantic Ocean). *Marine environmental research*, 77, 120-128.

Sanò, M., Jiménez, J. A., Medina, R., Stanica, A., Sanchez-Arcilla, A., & Trumbic, I. (2011). The role of coastal setbacks in the context of coastal erosion and climate change. *Ocean & Coastal Management*, 54(12), 943-950.

Sanò, M., Marchand, M., & Medina, R. (2009). Setback lines for the Mediterranean and Europe: an integrated approach. *Journal of Coastal Conservation, Planning and Management*.

Senatore A, Mendicino G, Smiatek G, Kunstmann H. (2011). Regional climate change projections and hydrological impact analysis for a Mediterranean basin in Southern Italy. *J Hydrol* 2010;399:70–92.

Senent-Aparicio, J., Liu, S., Pérez-Sánchez, J., López-Ballesteros, A., & Jimeno-Sáez, P. (2018). Assessing impacts of climate variability and reforestation activities on water resources in the headwaters of the Segura River Basin (SE Spain). *Sustainability*, 10(9), 3277.

Senent-Aparicio, J., Pérez-Sánchez, J., Carrillo-García, J., & Soto, J. (2017). Using SWAT and Fuzzy TOPSIS to assess the impact of climate change in the headwaters of the Segura River Basin (SE Spain). *Water*, 9(2), 149.

Shabani, F., Kumar, L., Esmaeili, A., & Saremi, H. (2013). Climate change will lead to larger areas of Spain being conducive to date palm cultivation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3&4), 2441-2446.

Skarbit N, Ács F, Breuer H (2018) The climate of the European region during the 20th and 21st centuries according to Feddema. *Int J Climatol* 38(5):2435–2448

Soliño, M., Yu, T., Alía, R., Auñón, F., Bravo-Oviedo, A., Chambel, M. R., ... & Del Barrio, J. M. G. (2018). Resin-tapped pine forests in Spain: Ecological diversity and economic valuation. *Science of the Total Environment*, 625, 1146-1155.

Sommer, U., Adrian, R., Bauer, B., & Winder, M. (2012). The response of temperate aquatic ecosystems to global warming: novel insights from a multidisciplinary project. *Marine Biology*, 159(11), 2367-2377.

Soutullo, S., Giancola, E., Jiménez, M. J., Ferrer, J. A., & Sánchez, M. N. (2020). How climate trends impact on the thermal performance of a typical residential building in Madrid. *Energies*, 13(1), 237.

Sparks, T. H., & Menzel, A. (2002). Observed changes in seasons: an overview. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 22(14), 1715-1725.

Stirling, I., & Derocher, A. E. (1993). Possible impacts of climatic warming on polar bears. *Arctic*, 240-245.

Suárez-Almiñana, S., Solera, A., Madrigal, J., Andreu, J., & Paredes-Arquiola, J. (2020). Risk assessment in water resources planning under climate change at the Júcar River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(11), 5297-5315.

Subirats, J., Font, N., & Costejà, M. (2002). Case study 1: Matarraña river basin. *Report for the European Water Regimes and the Notation of a Sustainable Status (EUWARENESS) project. Universidad Autonoma de Barcelona, Spain.*

- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P. (2014). Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 144, 54-68.
- Thomson, M., Miranda, M. S., & Infield, D. (2003). A small-scale seawater reverse-osmosis system with excellent energy efficiency over a wide operating range. *Desalination*, 153(1-3), 229-236.
- Toimil, A., Diaz-Simal, P., Losada, I. J., & Camus, P. (2018). Estimating the risk of loss of beach recreation value under climate change. *Tourism Management*, 68, 387-400.
- Trnka, M., Dubrovský, M., & Žalud, Z. (2004). Climate change impacts and adaptation strategies in spring barley production in the Czech Republic. *Climatic Change*, 64(1), 227-255.
- Tu, Shifei., Xu, Jianjun., Chan, Johnny C. L., Huang, Kian, Xu, Feng, and Chiu, Long S. (2021). "Recent global decrease in the inner-core rain rate of tropical cyclones" *Nature Communications* Vol. 12, No. 1, 2041-1723
- Tudó, À., Toldrà, A., Andree, K. B., Rey, M., Fernández-Tejedor, M., Campàs, M., & Diogène, J. (2018). First report of Gambierdiscus in the Western Mediterranean Sea (Balearic Islands). *Harmful Algae News*.
- Turco, M., Llasat, M. C., von Hardenberg, J., & Provenzale, A. (2013). Impact of climate variability on summer fires in a Mediterranean environment (northeastern Iberian Peninsula). *Climatic Change*, 116(3), 665-678.
- Valdazo, J., Viera-Rodríguez, M. A., Espino, F., Haroun, R., & Tuya, F. (2017). Massive decline of Cystoseira abies-marina forests in Gran Canaria Island (Canary Islands, eastern Atlantic). *Scientia Marina*, 81(4), 499-507.
- Vale, C. G., Arenas, F., Barreiro, R., & Piñeiro-Corbeira, C. (2021). Understanding the local drivers of beta-diversity patterns under climate change: The case of seaweed communities in Galicia, North West of the Iberian Peninsula. *Diversity and Distributions*.
- Van Leeuwen, C., & Destrac-Irvine, A. (2017). Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *Oeno One*, 51(2-3), 147-154.
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Esteve, P., Bharwani, S., Fronzek, S., & Downing, T. E. (2016). How can irrigated agriculture adapt to climate change? Insights from the Guadiana Basin in Spain. *Regional Environmental Change*, 16(1), 59-70.

Vargas-Amelin, E., & Pindado, P. (2014). The challenge of climate change in Spain: Water resources, agriculture and land. *Journal of Hydrology*, 518, 243-249.

Voudoris K, Mavromatis T, Krinis P. (2012). Assessing runoff in future climate conditions in Messara valley in Crete with a rainfall-runoff model. *Meteorol Appl*;19(4): 473–83.

Walsh, K. J., McBride, J. L., Klotzbach, P. J., Balachandran, S., Camargo, S. J., Holland, G., ... & Sugi, M. (2016). Tropical cyclones and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(1), 65-89.

Wang, J., Wang, E., Yang, X., Zhang, F., & Yin, H. (2012). Increased yield potential of wheat-maize cropping system in the North China Plain by climate change adaptation. *Climatic Change*, 113(3), 825-840.

Watabe, A., Leaver, J., Ishida, H., & Shafiei, E. (2019). Impact of low emissions vehicles on reducing greenhouse gas emissions in Japan. *Energy Policy*, 130, 227-242.

Watts, R. J., Richter, B. D., Opperman, J. J., & Bowmer, K. H. (2011). Dam reoperation in an era of climate change. *Marine and Freshwater Research*, 62(3), 321-327.

Wilf, M., & Awerbuch, L. (2007). *The guidebook to membrane desalination technology: reverse osmosis, nanofiltration and hybrid systems: process, design, applications and economics*. Balaban Desalination Publications.

Wilson, R. J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Agudo, R., & Monserrat, V. J. (2005). Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology letters*, 8(11), 1138-1146.

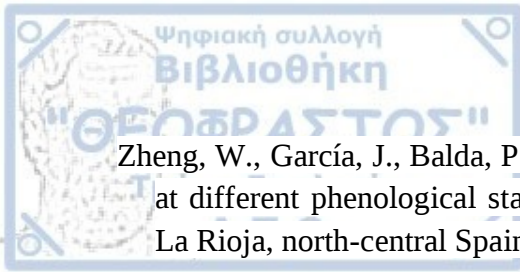
Xunta de Galicia (2005) Plan de Abastecimiento de Galicia [Galician Water Supply Plan]. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, Spain

Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2002). A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall. *Oecologia*, 133(2), 95-101.

Zabaleta, A., Meaurio, M., Ruiz, E., & Antigüedad, I. (2014). Simulation climate change impact on runoff and sediment yield in a small watershed in the Basque Country, northern Spain. *Journal of Environmental Quality*, 43(1), 235-245.

Zarzo, D., Campos, E., & Terrero, P. (2013). Spanish experience in desalination for agriculture. *Desalination and Water Treatment*, 51(1-3), 53-66.

Zhang JY, Wang GQ, He RM, Liu CS. (2009). Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River basin and its response to climate change. *Adv Water Sci*;20(2):153–8.



Zheng, W., García, J., Balda, P., & de Toda, F. M. (2017). Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, north-central Spain. *Oeno One*, 51(4), 363-363.

Ziervogel, G., New, M., Archer van Garderen, E., Midgley, G., Taylor, A., Hamann, R., ... & Warburton, M. (2014). Climate change impacts and adaptation in South Africa. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(5), 605-620.