

Determinació del TCI (Tourism Climatic Index) per la influència del canvi climàtic al turisme de la Cerdanya



Albert Bladas i Lluch

Tutora: M^a Carme Llasat

Treball Final de Màster

Màster Oficial en Meteorologia

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Sumari

1. Resum.....	2
2. Introducció.....	3
3. <i>Metodologies per estimar l'impacte del canvi climàtic al turisme</i>	6
4. Context geogràfic: <i>La Cerdanya</i>	11
5. Dades.....	13
6. Metodologia i resultats.....	16
7. Estudi de tendències climàtiques.....	24
8. Estudi de tendències turístiques.....	26
9. Conclusions.....	30
10. Agraïments.....	33
11. Bibliografia.....	34
12. Annex.....	35

1. Resum

Català

*En l'actualitat el Canvi Climàtic és un canvi que comporta molta incertesa en el turisme, sobretot en les zones de muntanya, degut el gran número d'afectats i pels efectes socioeconòmics que provoca en aquest sector. La Cerdanya, zona prepirinenca i amb una diversificació de climes important degut a la seva orientació i variació altitudinal, és una zona que econòmicament depèn del turisme, sobre tot del turisme de neu, que a la seva vegada depèn del clima entre d'altres factors. **En** el treball s'ha realitzat prèviament un anàlisi bibliogràfic sobre l'impacte del canvi climàtic i adaptació en zones de muntanya, principalment el Pirineu, i atenent als estudis del Observatori del Canvi Climàtic dels Pirineus, i després s'ha realitzat un estudi de l'índex TCI (Tourism Climatic Index), índex que estudia el confort tèrmic buscant el clima ideal pel turisme. La novetat es l'aplicació del TCI al turisme de muntanya, ja que usualment s'aplica al turisme de platge, i la seva validació tant pel turisme d'estiu com pel d'hivern. Després d'analitzar la seva idoneïtat es proposen uns petits canvis per a que pugui ser aplicat també al turisme de neu. Així mateix i atenent a l'augment de temperatures, la millor adaptació consistirà en augmentar el turisme de muntanya i altres ofertes de les pistes d'esquí. L'avantatge d'introduir el TCI a zona de muntanya és la seva potencial utilització en escenaris futurs. Finalment cal comentar que es necessari tenir en compte altres factors en l'evolució del turisme de muntanya, com la natalitat o la situació econòmica.*

English

Currently the Climate Change is a change that involves much uncertainty in tourism, especially in mountain areas, consequently the large number of affected and socioeconomic effects caused in this sector. Cerdanya, prepirineic area and a significant diversification of climates because its orientation and altitudinal variation, is an area that depend on tourism economically, particularly tourism snow which depends principally mainly on the climate and other factors.

The project has previously conducted a bibliographic analysis of the impact of climate change and adaptation in mountain areas, mainly the Pyrenees, and according to studies of Climate Change Observatory in the Pyrenees, and then conducted a study has TCI index (tourism Climatic index), which studies the thermal comfort index searching ideal climate for tourism. The novelty is the application of TCI mountain tourism, as usually applied to beach tourism, and validation for summer and winter tourism. After analyzing their suitability proposed small changes that can be also applied to snow tourism. And also in response to rising temperatures, the best adaptation consist of increased the mountain tourism and other offers ski stations. The advantage of introducing TCI in the mountain area is its potential use in future scenarios. Finally, we should mention that it is necessary to consider other factors in the evolution of mountain tourism, such as birth or the economic situation.

2. Introducció

El canvi climàtic és unes de les notícies més destacables en els últims anys. L'especulació d'aquest ha sigut infinita per la premsa internacional, però segons les dades climatològiques es pot constatar i verificar que aquest canvi en el clima ja és una realitat des de fa uns anys, ja que hi ha hagut variacions importants en la temperatura i també minsament en la precipitació.

Segons l'IPCC WGII AR5 2013, la temperatura mitjana a Europa ha seguit augmentant de diferents maneres i rangs regionals i estacionals, essent un major escalfament en les altes latituds del nord d'Europa. Des de la dècada dels 80, l'escalfament ha estat molt destacable a la Península d'Escandinàvia sobretot a l'hivern, en canvi, a la Península Ibèrica l'escalfament és en major mesura a l'estiu (EEA, 2012; Haylock et al, 2008).

Des del 1950, com constaten les dades climàtiques, les altes temperatures extremes (dies calorosos, número de nit tropicals i onades de calor) han esdevingut amb més freqüència, mentre que les baixes temperatures extremes (onades de fred i dies de gelada) s'han tornat menys freqüents (AR5 WG1 Chapter 2.6, SREX-3)(EEA, 2012). Tot i aquests canvis encara existeix una variabilitat natural de les diferents regions, sense contradir la tendència a l'escalfament global (Peterson et al., 2012).

Pel què fa la precipitació anual, des de 1950 s'ha incrementat en el nord d'Europa (fins a 70 mm/dècada) basat en Haylock et al. (2008), i per el contrari, en algunes parts del Sud d'Europa la precipitació ha disminuït (EEA, 2012).

Pel què fa la cobertura nivosa té una variabilitat interanual important, amb una tendència negativa no molt significativa en el període 1967-2007 (Henderson i Cuir, 2010). Com explica l'IPCC la freqüència de les allaus i les esllavissades ha augmentat considerablement en els Alps durant el període 1900-2007 (Fischer et al., 2012). Aquests moviments de masses es projecten a ser més freqüents amb el canvi climàtic (Huggel et al, 2010; Stoffel i Huggel, 2012), encara que diversos estudis indiquen una resposta més complexa o una estabilització dels moviments de masses per al canvi climàtic (Dixon i Brook, 2007; Huggel et al, 2012; Jomelli et al, 2007; Jomelli et al, 2009; Melchiorre i Frattini, 2012).

Finalment, a Europa, la velocitat mitjana del vent ha disminuït en les últimes dècades (Vautard et al., 2010), amb un nivell de confiança baix, degut a les dades problemàtiques dels anemòmetres.

El canvi climàtic és evident a moltes zones del planeta, i, particularment, a les zones de muntanya. L'entitat que es centra en l'anàlisi del canvi climàtic a la zona dels Pirineus és l'OPCC (Observatori del Canvi Climàtic als Pirineus), fent així un seguiment dels diferents fenòmens i variables, com també estudis per identificar les possibles causes per realitzar accions necessàries, limitant i intentant evitar els impactes per poder adaptar-se els seus efectes (OPCC, 2013). Els seus principals objectius es centren en desenvolupar coneixements i funcionalitats sobre el canvi climàtic de la zona, fer diferents recomanacions com també una difusió de

l'organització. És a dir, que es posen en comú els coneixements existents sobre els impactes del canvi climàtic en els Pirineus i s'identifiquen els nous coneixements a capitalitzar, s'analitza la vulnerabilitat dels medis naturals i el seu impacte socioeconòmic com és la població local, s'elaboren recomanacions i consells operatius per permetre una adaptació d'activitats econòmiques i dels medis naturals fomentant el desenvolupament del Massís i de les poblacions que l'envolten, es donen a conèixer els treballs de l'Observatori a la societat civil i els actors socioeconòmics, es difon l'organisme dels Pirineus a escala europea i internacional en matèria d'observació i adaptació, i es recolza la creació d'una major xarxa d'observatoris de muntanya a escala continental.

L'Estudi sobre l'adaptació al canvi climàtic als Pirineus presentat per l'OPCC (2013) anuncia que hi ha observacions que indiquen que al llarg del segle XX s'ha registrat un increment de la temperatura mitjana anual del voltant d'1°C en els Pirineus, com també s'ha modificat el repartiment espacial i temporal de les precipitacions. Les projeccions climàtiques confirmen aquestes tendències, que podrien significar un augment de la temperatura mitjana anual global d'entre +1,8°C i +4°C a finals del segle XXI (IPCC, 2013). Aquestes projeccions aportaran greus problemes a les estacions d'esquí, ja que amb un augment de les temperatures la cota de neu pujarà, i per tant, hi haurà menys quilòmetres esquiables, comportant un feedback negatiu pel turisme d'esquí, ja que baixarà considerablement al baixar la quantitat de neu a les diverses cotes i la reducció de la permanència del mantell nivós, com també per la reducció del període favorable a la producció de neu artificial. Degut a la modificació dels règims de precipitació també hi haurà una modificació dels règims hidrològics, potencialment impactant a les activitats dependents a l'aigua. Tanmateix, l'IPCC (2013) explica que el turisme a les zones de muntanya pot beneficiar a l'època d'estiu degut a les condicions climàtiques projectades (Endler et al, 2010.; Endler i Matzarakis, 2011b; Perch-Nielsen et al, 2010.; Serquet i Rebetez, 2011). En canvi, la temporada d'hivern i per tant d'esquí, es pot veure afectada degut a la poca fiabilitat de neu natural, especialment on la neu artificial és limitada (OCDE, 2007; Steiger, 2011; Moen Fredman, 2007), on les àrees baixes seran les més vulnerables. Per tant el canvi climàtic a les zones de muntanya comporta un potencial descens d'aquest turisme a la temporada d'hivern, però a la vegada una oportunitat per innovar altres activitats de muntanya per així revifar el turisme de muntanya, com pot ser a l'estiu.

Dins de les moltes propostes d'adaptació dels Pirineus envers el canvi climàtic fetes en l'estudi de l'OPCC (2013), el turisme ocupa un lloc preferencial, ja que gran part dels ingressos de la població de la zona, ja siguin de forma directe o indirecte, provenen d'aquest sector, sobretot del turisme d'hivern. Segons l'OPCC (2013), climàticament parlant és molt probable que hi hagi una afectació amb major mesura el període de nevades, reduint el nombre d'aquestes i la quantitat de neu, principalment per sota dels 2500 m, (a 1500 m el període de les nevades es reduirà el voltant d'un mes) el que conduiria a una pèrdua de l'atractiu que tenen els Pirineus, i també un augment dels costos de les estacions d'esquí degut a l'increment de la utilització d'energia i d'aigua per l'ús de canons de neu, per exemple. Tot i això, degut el canvi climàtic, es poden instaurar i incentivar altres activitats per tal d'estimular el sector, activitats més sostenibles i d'aquesta manera també augmentar el valor cultural i el patrimoni de la regió. Concretament, l'OPCC (2013) identifica diferents mesures, com és per exemple

la millora de la qualitat tèrmica en els edificis existents aportant beneficis addicionals, més enllà de l'adaptació als riscos d'onades de calor, com és la reducció d'ús d'energia a l'hivern i la reducció del fuel.

S'han fet diferents projectes per una bona preparació i adaptació per un nou turisme als Pirineus. Com a principals es troben un projecte interregional dirigit per l'Observatori de Sostenibilitat d'Andorra, anomenat *Impactes del canvi climàtic sobre el turisme hivernal*, i, posteriorment un projecte de l'OPCC (2013), dirigit per l'Estratègia del Ministeri de Turisme d'Andorra i els seus socis, anomenat *Estratègia de transformació de les estacions d'esquí en estacions de muntanya i la gestió de l'aplicació dels recursos naturals a Catalunya*, que aposta per una diversificació del turisme i així fomentar-lo durant tot l'any. Volen aportar estratègies de diversificació (promocionar turisme cultural a l'estiu, desenvolupar esports de muntanya com el trekking, organitzar turisme gastronòmic, turisme d'esports i turisme de negocis), per així reduir la vulnerabilitat del turisme d'hivern, identificant varies mesures d'adaptació. En aquest es descriuen aspectes físics del clima, s'avaluen les necessitats dels professionals, pràctiques adoptades (com és la neu artificial per exemple) i es modelen vincles entre els sistemes físics i els sistemes socioeconòmics.

Aquest treball es basa en posar a la pràctica un índex de clima en relació el turisme, a la comarca de la Cerdanya. Concretament la metodologia de l'índex que s'utilitza està inspirada en l'índex TCI (Tourism Climatic Index), i s'ha aplicat a l'hivern i l'estiu per poder aproximar la qualitat climàtica de la regió pel turisme, com també les seves tendències. L'objectiu principal d'aquest treball és validar la possible aplicació d'aquest tipus d'índex al turisme de muntanya i analitzar la tendència del clima de la zona i la seva afectació sobre el turisme. La hipòtesi que es planteja d'un principi és que degut el canvi climàtic a les zones de muntanya, concretament a la comarca de la Cerdanya, dins d'unes dècades la temporada d'hivern es veurà afectada pel turisme d'esquí, no obstant això creixerà degut a altres activitats, al igual que a la temporada d'estiu on el clima serà més confortable.

3. Metodologies per estimar l'impacte del canvi climàtic al turisme.

La climatologia és una branca científica en la que s'investiguen i es creen molts índexs climàtics per així poder acostar-se a la realitat d'una forma més empírica i poder fer diferents correlacions entre dues o més variables. Es fa el mateix amb la branca del turisme, tot i que són índexs extrets a partir d'una mostra estadística.

Alguns científics han correlacionat aquestes dos branques, el clima i/o el canvi climàtic amb el turisme i/o el confort humà, depenent de l'índex, i tenint en compte diversos factors. Un cop elaborats aquests índexs s'haurien de validar o verificar per així mesurar la credibilitat d'aquests, però aquestes verificacions empíriques escassegen.

Tot seguit es mostren alguns dels índexs més importants relacionats amb aquesta temàtica, juntament amb una minsa explicació de la seva metodologia.

Originalment, els índexs climàtics per al turisme es centren sobre tot en el factor tèrmic. **Mieczkowski (1985)** desenvolupa l'índex TCI (Tourism Climatic Index) per quantificar la idoneïtat del clima pel turisme en general, dedicat a activitats físiques lleugeres, tenint en compte diferents paràmetres, com són el de confort tèrmic, el de la precipitació, la velocitat del vent i les hores de sol sobre la base de les dades climàtiques mitjanes mensuals. Tot i això la seva validació empírica és relativament feble. Tanmateix i donat que aquest índex és el més utilitzat, es partirà d'ell per analitzar la relació del clima i turisme a la nostre zona d'estudi, la Cerdanya.

El TCI, es basa en mitjanes mensuals de set variables climàtiques per al turisme que s'integren en cinc subíndexs, llistats en la següent taula (índex de confort durant el dia (ThC_{DT}), índex de confort diari (ThC_{DL}), la precipitació (Prec), el sol (Sun), i el vent (Wind)). Com es pot apreciar, la taula 1 ens mostra cadascuna de les variables de l'índex, on a la primera columna descriu a partir de quines variables i unitats es fa la mitja mensual, explica la influència que tenen cadascuna amb l'índex TCI, com també a l'última columna fa la ponderació, sabent que la influència de l'índex de confort tèrmic diari és la més pesant, seguida de la precipitació, les hores de sol, el vent i l'índex de confort tèrmic.

Aquests subíndex i/o variables (precipitació, vent i hores de sol) estan classificats en diferents escales des de 0 (desfavorables) a 5 (valors òptims), mentre que els índexs de confort tèrmic (ThC_{DT} i ThC_{DL}) s'han valorat entre -3 i 5. Com es pot apreciar a la taula 2, com més temperatura, més precipitació, més hores de sol i menys velocitat del vent, la ponderació s'acosta més el 5 (valor màxim), és a dir, a ambient més confortable, en general, més ponderació, i a ambient més fred, menys ponderació.

Sub-index	Monthly averages	Influence on TCI	Weighting
daytime comfort index (CI _d)	daily maximum temperature (°C) and minimum relative humidity (%)	represents thermal comfort when maximum tourist activity occurs (usually between 12 a.m. and 4 p.m)	40%
daily comfort index (CI _a)	daily mean temperature (°C) and mean relative humidity (%)	represents thermal comfort over the full 24-hour period	10%
precipitation (R)	total precipitation (mm)	negative impact on outdoor activities and climatic well-being	20%
sunshine (S)	sunshine duration (hour)	positive impact	20%
wind (W)	wind speed (ms ⁻¹)	variable impacts depending on its value and the maximum temperature	10%

Taula 1. Resum dels subíndexs, el seu impacte i el seu pes en el TCI (basat Scott i McBoyle, 2001)

Rating	Effective temperature (°C)	Mean monthly precipitation (Mm/month)	Mean monthly sunshine (Hours/day)	Wind speed (Km/h)			Wind chill cooling (Watts/m ² /hr)
				Normal	Trade wind	Hot climate	
5.0	20 – 27	0.0 – 14.9	> 10	< 2.88	12.24 – 19.79		
4.5	19 – 20 & 27 – 28	15.0 – 29.9	9 – 10	2.88 – 5.75			
4.0	18 – 19 & 28 – 29	30.0 – 44.9	8 – 9	5.76 – 9.03	9.04 – 12.23 & 19.80 – 24.29		< 500
3.5	17 – 18	45.0 – 59.9	7 – 8	9.04 – 12.23			
3.0	15 – 17	60.0 – 74.9	6 – 7	12.24 – 19.79	5.76 – 9.03 & 24.30 – 28.79		500 – 625
2.5	10 – 15	75.0 – 89.9	5 – 6	19.80 – 24.29	2.88 – 5.75		
2.0	5 – 10	90.0 – 104.9	4 – 5	24.30 – 28.79	< 2.88 & 28.80 – 38.52	< 2.88	625 – 750
1.5	0 – 5	105.0 – 119.9	3 – 4	24.30 – 28.79		2.88 – 5.75	750 – 875
1.0	-5 – 0	120.0 – 134.9	2 – 3	28.80 – 38.52		5.76 – 9.03	875 – 1000
0.5		135.0 – 149.9	1 – 2			9.04 – 12.23	1000 – 1125
0.25							1125 – 1250
0.0	-10 – -5	> 150.0	< 1	> 38.52	> 38.52	> 12.24	> 1250
-1.0	-15 – -10						
-2.0	-20 – -15						
-3.0	< -20						

Taula 2: Taula de conversió dels subíndexs del Tourism Climatic Index de Mieczkowski's. Basat en Mieczkowski (1985)

Un cop se sap la ponderació i la definició de cada un dels subíndex, el TCI global es calcula amb la següent expressió multilíneal:

$$TCI = 2 \cdot (4 \cdot ThC_{DT} + ThC_{DL} + 2 \cdot Sun + 2 \cdot Prec + Wind)$$

- TCI = Índex climàtic del Turisme
- ThC_{DT} = Índex de Confort Tèrmic durant el dia (temperatura màxima diària, la humitat relativa mínima diària)
- ThC_{DL} = Índex de Confort Tèrmic diari (Temperatura mitjana diària, humitat relativa mitjana diària)
- Sun = Índex de la quantitat de sol
- Prec = Índex de la quantitat de precipitació
- Wind = Índex del vent apreciable

Hi ha diferents maneres de calcular els índexs de confort tèrmic, ja que n'hi ha de varis que depenen en l'equilibri de l'energia humana (Hoppe, 1993). Els principals índexs de confort tèrmic són l'humidex (utilitza la temperatura de l'aire i el vapor d'aigua per caracteritzar ambients humits i calents), la temperatura aparent (mesura la temperatura que percep l'humà) i la temperatura efectiva (temperatura equivalent a la temperatura de l'aire que experimenta l'ésser humà vestit i a l'ombra amb una humitat relativa del 100%).

Per desenvolupar els índexs de confort, ThC_{DT} i ThC_{DL} , que es necessiten per la metodologia del TCI s'utilitza l'índex de temperatura aparent (TA) o bé l'índex de temperatura efectiva (TE). Normalment s'usa el de temperatura aparent ja que no dona uns resultat tan elevats i és la temperatura que percep el turista i per tant, la idònia o no per ell.

La temperatura aparent és aquella temperatura que combina la temperatura de l'aire amb la humitat relativa. Com ja s'ha dit, mesura i quantifica la calor mitjana que sent o percep una persona a partir de diferents temperatures i humitats relatives.

La formula que s'utilitza per calcular la temperatura aparent és la següent:

$$TA = [-9,93122 + (1,186145 * T) + (0,122310 * HR)]$$

on

- T = Temperatura de l'aire
- HR = Humitat relativa

En canvi la temperatura efectiva és la temperatura equivalent a la temperatura de l'aire en calma que experimenta un individu bé de salut, vestit amb roba lleugera i a l'ombra amb una humitat relativa del 100%.

La fórmula que s'utilitza per calcular la temperatura efectiva és la següent:

$$TE = T - 0,4 * (T - 10) * (1 - HR / 100)$$

on

- T = Temperatura de l'aire
- HR = Humitat relativa

La fórmula que s'esculli per elaborar l'índex TCI s'utilitza dos vegades ja que es necessiten dos tipus de temperatures de confort. Una serà calculant la fórmula amb la temperatura màxima diària i la humitat relativa mínima diària i l'altre serà mitjançant la temperatura mitjana diària i la humitat relativa mitjana diària.

Mieczkowski (1985) va proposar un sistema de classificació del TCI amb una puntuació màxima total de 100, on puntuacions acceptables estan per sobre de 40, les bones condicions climàtiques estan per sobre de 60, i les puntuacions excel·lents estan per sobre de 80. Vegem el sistema de qualificació del TCI a la següent taula:

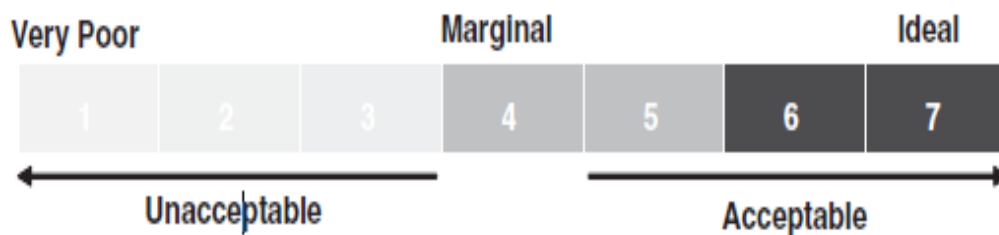
TCI scores	Descriptive categories
90 – 100	ideal
80 – 89	excellent
70 – 79	very good
60 – 69	good
50 – 59	acceptable
40 – 49	marginal
30 – 39	unfavorable
20 – 29	very unfavorable
10 – 19	extremely unfavorable
< 10	impossible

Taula 3: Sistema de qualificació de l'Índex Climàtic del Turisme (TCI).

Morgan et al. (2000) va desenvolupar un índex del clima de la platja, anomenat BCI (Beach Climate Index), basat en el TCI, però empíricament està més ajustat. No obstant, el BCI no té en compte els efectes de la precipitació. Posteriorment, es crea una segona generació de l'índex del clima pel turisme (CIT), elaborat per De Freitas *et al.* (2008), per així avaluar específicament el recurs del clima pel turisme. Per CIT, la percepció del temps i/o clima no es basa exclusivament en una òptima gamma de temperatures diàries, sinó que també es basa en els efectes de la relació amb la

humitat, les velocitats del vent, la radiació d'ona curta i d'ona llarga i la nuvolositat. D'altra banda aquest índex també representa el confort humà, que depèn d'efectes no ambientals, com és el nivell d'activitat i la roba que utilitza cada persona. Per tant, expressa l'equilibri del cos-ambient posant l'energia com a una sensació tèrmica. Posteriorment aquests aspectes es combinen en una matriu de manera que s'aprecien els efectes dominants quan es superen a determinats llindars .

CIT està empíricament comprovat, i combina les variables meteorològiques diàries mitjançant la sensació tèrmica (T), l'estètica (A) i la física (P). Aquest índex valora el recurs del temps per al turisme de platja mitjançant l'ús d'una escala que va de la situació molt dolenta (és a dir, CIT = 1: inacceptable) a molt bona (és a dir, CIT = 7: òptima).



Taula 4: Aquesta taula representa l'escala de qualificació de CIT, de molt dolenta a molt bona.

A la següent taula es pot apreciar la ponderació de la modelització de l'índex i es pot apreciar per una banda que depèn de la quantitat de núvols i de la quantitat de precipitació, i per l'altra banda depèn de la temperatura, tots aquest de forma qualitativa.

ASHRAE scale TSN [T]	Cloud (< 45%) [A]	Cloud (≥ 45%) [A]	Rain (> 3 mm) [P]	Wind (≥ 6 m/s) [P]
Very hot (+4)	4	3	2	3
Hot (+3)	6	5	2	4
Warm (+2)	7	5	2	4
Slightly warm (+1)	6	4	1	4
Indifferent (0)	5	3	1	2
Slightly cool (-1)	4	3	1	2
Cool (-2)	3*	2*	1*	2*
Cold (-3)	2*	2*	1*	1*
Very cold (-4)	1*	1*	1*	1*

Taula 5: Aquesta taula representa la matriu del tipus de temps/sensació utilitzat per derivar les classes d'índex climàtic de confort (De Freitas et al, 2007).

4. Context geogràfic: *La Cerdanya*

El Pirineu Oriental, concretament la Cerdanya, és en la zona en que ens centrarem en aquest projecte. Una comarca natural per excel·lència, del qual forma una unitat fisiogràfica definida per uns trets orogràfics, climàtics i històrics que li atorguen un caràcter molt particular.

Integrada, principalment, per l'alta Vall del Segre, la Cerdanya és una de les valls més amples d'Europa, on s'hi destaca la seva altitud mínima que arriba a uns mil metres aproximadament i amb una orientació d'est a oest fent així que hi hagi una elevada insolació de l'ordre d'unes 3.000 hores de sol anuals. El conjunt muntanyós de la Cerdanya està conformat per la Serra del Cadí (meitat occidental), la Serra del Moixeró i altres massissos més orientals com la Tossa d'Alp i el Puigllançada, i el massís del Pedraforca, ja dins del Berguedà.

Tot seguit es pot veure una figura que ens mostra la situació geogràfica de la comarca en l'àmbit català:



Figura 1: Situació geogràfica de la comarca de la Cerdanya. (Font: wikipedia)

La Cerdanya està compresa entre França i Catalunya, dividint la Cerdanya en dos, anomenada alta Cerdanya (França) i Baixa Cerdanya (Catalunya). En el projecte ens centrarem en la Cerdanya catalana o baixa Cerdanya. Aquesta està fragmentada en disset municipis, del qual la capital és Puigcerdà. Vegem en la següent figura aquesta fragmentació en municipis:



Figura 2: Municipis de la comarca

El clima de la Cerdanya és molt divers degut, com s'ha dit abans, a la seva variació altitudinal. A trets generals la comarca té un clima Mediterrani, on a la plana ceretana és de tipus prepirinenc i a l'àrea del Puigpedrós és de tipus Pirinenc occidental, per tant dir que té influència continental de muntanya mitjana. Això fa que sigui molt assolellat (degut a la seva orientació Est-Oest) i sec, amb hiverns molts freds i estius poc calorosos. Les temperatures i les precipitacions varien molt depenen de l'alçada. A l'hivern les temperatures són molt baixes, on oscil·len entre els 2°C i -3°C de mitjana depenent de l'altitud i de la zona, i amb una marcada inversió tèrmica. Els estius són suaus, entre 14°C i 18°C, amb una alta amplitud tèrmica entre les temperatures diürnes i nocturnes. La precipitació mitjana anual, com ja s'ha dit, queda molt condicionada per l'alçada i per la orientació de les muntanyes, ja que les serralades de les zones del Cadí i del Puigmal, impedeixen que passi l'aire humit del Mediterrani i fan que aquesta humitat es quedi retinguda a les muntanyes del voltant. Els valors queden compresos entre els 700 mm a la plana i superant els 1000 mm als cims més alts de les muntanyes, donant-se els màxims a l'estiu i els mínims a l'hivern.

La diversitat paisatgística de la regió és molt evident i singular a la zona ja que hi ha trets purs del mediterrani fins als prats alpins de nivells culmina'ls, tot trobant-se amb boscos submediterranis, fagedes, boscos boreals de pi roig i els boscos de coníferes subalpins, amb el pi negre i l'abet. La vegetació de la zona es considera d'un interès especial, degut a les baixes temperatures, l'alta humitat de la zona i remarcant la seva altitud, han contribuït a l'existència d'espècies que no són pròpies de l'àrea del mediterrani, sinó més pròpies de la regió del nord d'Europa i de les altes muntanyes europees o alpines.

Des del punt de vista del turisme, la Cerdanya és un lloc ideal per gaudir de l'esport (rutes amb BTT, senders de petit i gran recorregut, esquí nòrdic, esquí alpí, camps de

golf, hípica, pesca, alpinisme, escalada i raquetes de neu, entre d'altres), el paisatge i les bones condicions climàtiques de l'estiu.

5. Dades

Les dades meteorològiques i de turisme, i la metodologia de l'índex són els elements principals i claus per tal d'elaborar aquest treball i assolir els objectius que s'han predeterminat anteriorment. S'han fet varies gestions a través de trucades i de correus electrònics per tal d'aconseguir les diferents dades meteorològiques, passades i d'escenaris futurs, i de turisme, per tal de fer un estudi amb exactitud. Moltes de les gestions acaben sense resposta i d'altres amb respostes molt pobres sense poder-li treure un rendiment.

Les dades meteorològiques són dades que ens serveixen per fer un estudi climàtic de la zona d'estudi, La Cerdanya, però, per això es necessita una sèrie temporal bastant llarga. La obtenció d'aquestes dades ha sigut una tasca bastant difícil ja que obertes al públic només es pot adquirir una sèrie temporal minsa. S'ha de tenir molta cura de on s'escullen les variables meteorològiques per tal de fer un bon anàlisi de la zona o regió d'anàlisi, que com ja s'ha explicat, és La Cerdanya. D'aquesta manera s'escullen diferents estacions meteorològiques de referència estratègica de la zona per així saber i veure el comportament de les variables a diferents zones/vessants i sobretot a diferents altituds. Les dades meteorològiques que s'han obtingut són les de les estacions meteorològiques pertanyents a la xarxa d'estacions automàtiques (XEMA) del Servei Meteorològic de Catalunya, dels quals són les tres situades a la Cerdanya: Das 1097, Cadí Nord-Prat d'Aguiló 2143 i Malniu 2230. També s'ha obtingut la sèrie de la interpolació de totes les dades pluviomètriques i de temperatura cerdanes, representativa de la regió, i cedides pel grup GAMA. Vegem en el següent mapa els punts geoestratègics de cada estació a dins del marc cerdà:

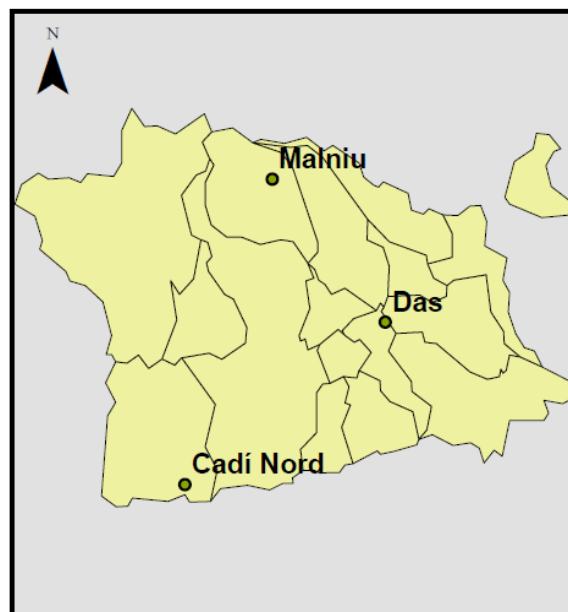


Figura 3: Mapa de la Cerdanya amb els seus pertinents municipis, on hi ha senyalat cada estació meteorològica d'estudi; Das, Malniu i Cadí Nord.
(Font: Elaboració pròpia mitjançant ArcGIS)

A les següents taules 6 i 7, es poden observar les característiques de cada estació juntament amb la disponibilitat de dades de cadascuna:

La Cerdanya	Coordenades UTM			Període		
Estació meteorològica	Latitud (x)	Longitud (y)	Altitud	Inici	Final	Periodicitat
Das	406780	4693467	1.097 m	2007	2014	diària
Das	406780	4693467	1.097 m	2009	2014	horària
Cadí Nord-Prat d'Aguiló	394159	4683273	2.143 m	2007	2014	diària
Cadí Nord-Prat d'Aguiló	394159	4683273	2.143 m	2011	2014	horària
Malniu	399672	4702450	2.230 m	2007	2014	diària
Cerdanya (interpolació)				1950	2011	mensuals

Taula 6: Característiques de cada estació meteorològica d'estudi mitjançant les seves coordenades i el període de dades obtingudes.

La Cerdanya	Variables meteorològiques						
Estació meteorològica	Temp.	Prec.	Pressió	HR	Vent	Irradiació*	Evapotranspiració
Das	Si	Si	No	Si	No	Si	Si
Das					Si		
Cadí Nord-Prat d'Aguiló	Si	Si	No	Si	No	Si	Si
Cadí Nord-Prat d'Aguiló					Si		
Malniu	Si	Si	No	Si	No	Si	Si
Cerdanya (interpolació)	Si	Si	Si				

*Irradiació solar global diària

Taula 7: Variables meteorològiques que s'han obtingut i que es necessiten per l'elaboració del treball, de cada estació meteorològica i de la interpolació de la Cerdanya.

Per fer l'estudi de l'índex s'utilitzaran dos estacions situades estratègicament per fer una valoració total de la comarca. En primer lloc l'estació de Das, situada a la plana de la Cerdanya, i així es valora l'índex a la plana i l'altre serà Cadí Nord, per així valorar-ho a una certa altitud de la comarca (2143 m). Les dades de l'estació de Malniu no s'utilitzaran ja que no es disposen de dades de vent.

Apart d'aquestes dades ja observades es necessiten també dades d'escenaris futurs per així veure i analitzar el clima de les pròximes dècades. Aquestes dades no s'han pogut obtenir ja que estan molt restringides, tot i que ens hem posat en contacte amb personal del sector climàtic i no hi ha hagut forma d'obtenir-les. Degut això només es pot obtenir quina és la tendència de les dades que tenim i així aproximar el clima del futur.

Per altre banda, les dades de turisme no s'han pogut obtenir com es desitjava ja que no hi ha estudis fets que analitzin tot el turisme ni els fluxos de la comarca cerdana, ni les gestions fetes amb diferents organismes han estat fructíferes. Tot i així si que es pot fer una aproximació gràcies algunes dades de forfaits venuts a les estacions d'esquí i de clients que han anat a consultar a les oficines de turisme. Les dades obtingudes

s'utilitzaran com a referència per tal de veure una aproximació de l'evolució del turisme, i per analitzar si hi ha una petita correlació amb el clima en els últims anys. Aquestes dades són complementàries ja que no són necessàries per la utilització i elaboració de l'índex TCI. Per tant, amb les poques dades obtingudes s'intenta fer un relació i veure la tendència, tot i que el turisme no depèn solament del clima.

Tot seguit a la taula 8 surten reflectides les dades de turisme que s'han obtingut, les seves característiques i els tipus de dades, juntament del lloc que s'han extret:

La Cerdanya Estació/Lloc	Tipus Dades	Període		
		Inici	Final	Periodicitat
La Molina	Nombre de visitants	2008	2013	Anual
La Masella	Esquiadors	2004	2014	Anual
Oficina comarcal de turisme	Visitants oficina	2008	2013	Anual

Taula 8: Tipus i el període de les dades de turisme que s'han obtingut a cada estació.

Altres restriccions metodològiques, han sigut en quan a l'estudi en exactitud de la metodologia dels diferents índexs existents ja que ha estat una tasca molt difícil, no depenen només dels articles enfocats en aquests, sinó que també s'han de fer gestions per tal d'obtenir tota la informació de l'avaluació dels índexs. Com ha passat en les dades meteorològiques, en aquest cas també hi ha hagut gestions sense resposta, i d'altres que han sigut clau per l'obtenció d'informació.

Per una altra banda, un cop es fa l'anàlisi exhaustiu de la gran varietat de dades i variables, es posen totes aquestes en comú per tal de veure el comportament final. Posteriorment es fa l'estudi i una projecció per un futur proper, elaborant l'índex escollit i estudiat, el Tourism Climatic Index (TCI), explicat anteriorment. L'elaboració d'aquest índex, com s'ha vist anteriorment, té en compte varis aspectes segons i depenen el què es vol saber. També s'estudia i s'analitza el comportament del clima a la Cerdanya, i es fan correlacions amb el turisme estacional i les variables climàtiques. Per això es tenen en compte varies variables meteorològiques de temperatura i precipitació, entre d'altres, per tal de veure les tendències principals d'aquestes, i les dades de turisme o similars, tot i l'escassetat i la restricció d'aquestes, per així poder estimar el seu impacte.

6. Metodologia i resultats

En primer lloc es fa un anàlisi i explotació de les dades que es tenen per així posteriorment obtenir i elaborar l'índex TCI, i així fer una correlació amb les dades de turisme i fer les primeres valoracions.

Tot seguit es fa l'estudi d'una sèrie llarga de dades meteorològiques per així veure les tendències del clima en els pròxims anys i així també estimar les tendències del turisme a la zona. Entre aquestes variables a analitzar, s'expliquen diferents aspectes per tal de filar més prim alhora de fer previsions de forma estacional i també es fan algunes correccions per aproximar-se més a la realitat de la zona.

En primer lloc per l'elaboració de l'índex TCI són necessàries les dades de temperatura, precipitació, hores solars i de vent, per així calcular els subíndexs. Per tal d'elaborar aquest índex a la comarca de la Cerdanya s'utilitzen les dades de dos estacions situades a diferents zones i altituds de la comarca, aquestes són, l'estació de Das, tot i ser un dels pobles més freds de la plana, i l'estació de Cadí Nord - Prat d'Aguiló. Repassem les seves característiques:

La Cerdanya	Coordenades UTM		
Estació meteorològica	Latitud (x)	Longitud (y)	Altitud
Das	406780	4693467	1.097 m
Cadí Nord-Prat d'Aguiló	394159	4683273	2.143 m

Taula 9: Característiques principals de les estacions meteorològiques que s'utilitzen per fer l'estudi.

Les dades obtingudes i necessàries extretes d'aquestes estacions són les de temperatura mitjana diària, temperatura màxima diària, precipitació anual, vent, hores solars i humitat relativa en el període de gener de 2007 a juliol de 2014 amb una periodicitat diària o mensual, excepte les dades de vent que tenen una periodicitat horària amb un període de gener de 2009 a juliol de 2014 a Das i de gener de 2011 a juliol de 2014 a Cadí Nord.

Aquestes dades són necessàries agrupar-les de forma mensual per així posteriorment fer l'estudi estacional i veure quina és o serà l'època idònia pel turisme a la Cerdanya. En les següents taules es poden observar totes les dades disponibles amb les mitjanes corresponents ja calculades per cada mes i per cada estació necessàries per elaborar l'índex. Vegem-ho:

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)			
MES	Temperatura Mitj diària (°C)	Temperatura Max. diària (°C)	Prec. Anual (mm)
Gener	0,6	8,5	19,9
Febrer	1,6	9,1	15,9
Març	4,5	12,8	49,8
Abril	7,9	15,5	66,0
Maig	11,0	18,8	87,0
Juny	15,0	23,6	57,9
Juliol	17,6	26,9	57,7
Agost	17,8	27,9	57,2
Setembre	13,7	23,3	39,2
Octubre	9,5	18,5	45,3
Novembre	3,9	11,5	40,0
Desembre	0,2	8,3	14,5
TOTAL	8,6	17,1	525,7

Taula 10: Mitjanes mensuals de temperatura mitjana diària, temperatura màxima diària i precipitació total i anual de l'estació de Das.

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)					
MES	Vent (m/s)	Vent (km/h)	Rad Solar (w/m2)	Hores solars mitjanes diàries	Humitat relativa (%)
Gener	1,6	5,7	8,5	7,0	72,4
Febrer	2,5	8,9	12,0	7,5	66,9
Març	2,2	7,9	16,6	8,0	64,0
Abril	2,1	7,6	19,3	8,0	68,3
Maig	2,0	7,3	22,0	9,0	69,6
Juny	2,0	7,1	24,6	9,0	67,9
Juliol	2,0	7,1	25,8	10,0	64,4
Agost	1,8	6,5	22,8	9,0	64,5
Setembre	1,7	6,1	18,2	8,0	68,8
Octubre	1,8	6,6	13,4	7,5	70,6
Novembre	1,8	6,6	8,7	7,0	73,6
Desembre	1,6	5,7	7,4	7,0	72,5
Mitjana anual	1,9	6,9	16,7	8,1	68,6

Taula 11: Mitjanes mensuals de vent, de radiació solar, d'hores solars i d'humitat relativa de l'estació de Das.

Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord-Prat d'Aguiló (XEMA)			
MES	Temperatura (°C)	Temperatura Max. diària (°C)	Prec. Anual (mm)
Gener	-1,1	1,5	47,5
Febrer	-2,5	1,0	46,3
Març	-0,3	3,4	113,5
Abril	2,4	6,1	140,6
Maig	5,5	9,5	134,3
Juny	9,9	14,1	106,0
Juliol	12,8	17,1	68,2
Agost	13,5	17,7	69,2
Setembre	9,5	13,3	64,8
Octubre	5,9	9,3	113,0
Novembre	0,7	3,4	102,6
Desembre	-1,2	1,1	48,0
TOTAL	4,6	8,2	1004,3

Taula 12: Mitjanes mensuals de temperatura mitjana diària, temperatura màxima diària i precipitació total i anual del Cadí Nord.

Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)					
MES	Vent (m/s)	Vent (km/h)	Rad Solar (w/m2)	Hores solars mitjanes diàries	Humitat relativa (%)
Gener	2,1	7,5	4,6	6,5	57,5
Febrer	2,2	7,9	11,1	7,5	62,2
Març	2,2	7,9	15,7	8,0	64,2
Abril	2,0	7,3	17,8	8,0	72,1
Maig	1,9	6,8	19,9	8,0	70,9
Juny	2,0	7,1	22,8	9,0	67,0
Juliol	2,0	7,1	24,7	9,0	62,1
Agost	2,0	7,1	21,9	9,0	59,7
Setembre	1,8	6,5	16,8	8,0	66,1
Octubre	2,0	7,4	11,8	7,5	64,6
Novembre	2,2	7,8	5,9	7,0	65,1
Desembre	2,4	8,7	2,3	5,0	57,6
Mitjana anual	2,0	7,4	15,5	7,7	64,3

Taula 13: Mitjanes mensuals de vent, de radiació solar, d'hores de sol i d'humitat relativa de l'estació de Cadí Nord - Prat d'Aguiló.

Veient i comparant aquestes taules es poden obtenir unes primeres conclusions del clima de la Cerdanya, tenint en compte que són mitjanes de tan sols set anys. Accentuant i tenint de referència les principals variables meteorològiques de temperatura i precipitació, es pot observar com la temperatura mitjana anual de Das (1.097 m) és de 8,6°C, en canvi la del Cadí Nord (2.143m) és quatre graus per sota, 4,6°C. Pel que fa la precipitació hi ha una diferència molt brusca entre una estació i l'altre, ja que el clima de la vall cerdana es caracteritza per una ombra pluviomètrica, és a dir, és una zona on hi precipita molt menys que a les muntanyes del costat. A l'estació de Das la precipitació mitjana d'aquests últims anys és de 526 mm i en canvi a l'estació Cadí Nord és quasi el doble, 1004 mm.

Un cop s'han calculat tots aquestes paràmetres només falta calcular la temperatura aparent que serveix per calcular els subíndexs corresponents a la temperatura de confort, vegem els resultats de cada estació:

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)		
MES	Temperatura aparent \bar{T} (ThCDL)	Temperatura aparent \bar{T} (\bar{T} ThCDT)
Gener	-0,4	9,1
Febrer	0,2	9,0
Març	3,3	13,1
Abril	7,9	16,9
Maig	11,6	20,9
Juny	16,1	26,3
Juliol	18,8	29,9
Agost	19,1	31,1
Setembre	14,7	26,1
Octubre	10,0	20,7
Novembre	3,6	12,7
Desembre	-0,8	8,8
Mitjana anual	8,7	18,7

Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)		
MES	Temperatura aparent \bar{T} (ThCDL)	Temperatura aparent \bar{T} (\bar{T} ThCDT)
Gener	-4,2	-1,1
Febrer	-5,3	-1,1
Març	-2,5	2,0
Abril	1,7	6,1
Maig	5,2	10,0
Juny	10,0	15,0
Juliol	12,9	17,9
Agost	13,4	18,4
Setembre	9,4	14,0
Octubre	5,0	9,0
Novembre	-1,2	2,0
Desembre	-4,4	-1,6
Mitjana anual	3,3	7,6

Taula 14: Temperatura aparent de cada estació meteorològica, tenint en compte per una banda la temperatura mitjana diària i la humitat relativa, i per l'altre la temperatura mitjana màxima.

Ara ja es poden calcular i comparar els subíndexs TCI a partir de la taula de *Conversió dels subíndexs del Tourism Climatic Index de Mieczkowski's. Basat en Mieczkowski (1985)*, ja descrita anteriorment.

Un cop calculats ja es pot aplicar la fórmula final de l'índex TCI per cada mes de l'any per així conèixer quin és el mes més idoni pel turisme.

Vegem les següents taules on es mostren els resultats dels subíndexs i del TCI per cada estació i per cada mes:

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)						
MES	Índex ThCDL	Índex ThCDT	Índex Precipit	Índex Sol	Índex Vent	TCI
Gener	1,0	2,0	4,5	3,0	4,5	63
Febrer	1,5	2,0	4,5	3,5	4,0	68
Març	1,5	2,5	3,5	3,5	4,0	68
Abril	2,0	3,0	3,0	3,5	4,0	74
Maig	2,5	5,0	2,5	4,0	4,0	94
Juny	3,0	5,0	3,5	4,0	4,0	102
Juliol	4,0	4,5	3,5	4,5	4,0	108
Agost	4,5	5,0	3,5	4,0	4,0	114
Setembre	2,5	5,0	4,0	3,5	4,0	98
Octubre	2,0	5,0	3,5	3,5	4,0	92
Novembre	1,5	2,5	4,0	3,0	4,0	68
Desembre	1,0	2,0	5,0	3,0	4,5	65
TOTAL	2,3	3,6	3,8	3,6	4,1	84,5

Taula 15: Subíndexs i índexs TCI per cada mes de l'estació de Das.

Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)						
MES	Índex ThCDL	Índex ThCDT	Índex Precipit	Índex Sol	Índex Vent	TCI
Gener	1,0	1,0	3,5	3,0	4,0	50
Febrer	0,0	1,0	3,5	3,5	4,0	44
Març	1,0	1,5	1,5	3,5	4,0	48
Abril	1,5	2,0	0,5	3,5	4,0	52
Maig	2,0	2,0	1,0	3,5	4,0	58
Juny	2,0	2,5	1,5	4,0	4,0	66
Juliol	2,5	3,5	3,0	4,0	4,0	84
Agost	2,5	4,0	3,0	4,0	4,0	88
Setembre	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	70
Octubre	1,5	2,0	1,5	3,5	4,0	56
Novembre	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	48
Desembre	1,0	1,0	3,5	2,0	4,0	46
TOTAL	1,5	2,0	2,3	3,4	4,0	59,2

Taula 16: Subíndexs i índexs TCI per cada mes de l'estació de Cadí Nord.

Aquestes dades ja ens encaminen i ens donen una idea d'aquest índex, i es pot veure que en general, durant tot l'any, el valor de l'índex total dona 59, del qual vol dir que el turisme en el clima de la Cerdanya comprèn a una categoria acceptable. A l'annex es mostren els gràfics on es poden apreciar aquestes dades de forma més visual.

Per concretar més i per saber amb més detall el comportament, es fa una dissecció i es separa amb les estacions de l'any, de manera que el procediment que s'ha fet anteriorment, es torna a repetir fent mitjanes i càlculs estacionals, a canvi de mensuals, de les dades meteorològiques necessàries com també de la temperatura aparent. Les taules d'aquests càlculs, al contrari d'abans, es mostren a l'annex del treball, com també es mostren els gràfics de l'índex.

Les següents taules ja mostren directament el resultat dels subíndexs i índexs TCI per cada estació de l'any a cada estació meteorològica.

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)							
ESTACIÓ	MES	Índex ThCDL	Índex ThCDT	Índex Precipit	Índex Sol	Índex Vent	TCl
HIVERN	Desembre	1,0	2,0	4,5	3,5	4,0	64
	Gener Febrer						
PRIMAVERA	Març	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	76
	Abril						
	Maig						
ESTIU	Juny	3,0	4,0	3,5	4,5	4,0	96
	Juliol						
	Agost						
TARDOR	Setembre	2,0	4,5	4,0	4,0	4,0	92
	Octubre						
	Novembre						

Taula 17: Subíndexs i índexs TCl per cada estació de l'any de Das.

Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)							
ESTACIÓ	MES	Índex ThCDL	Índex ThCDT	Índex Precipit	Índex Sol	Índex Vent	TCl
HIVERN	Desembre	0,0	1,0	3,5	3,0	4,0	42
	Gener Febrer						
PRIMAVERA	Març	1,5	2,0	1,0	3,5	4,0	54
	Abril						
	Maig						
ESTIU	Juny	2,5	3,5	2,5	4,0	4,0	82
	Juliol						
	Agost						
TARDOR	Setembre	1,5	2,0	2,0	3,5	4,0	58
	Octubre						
	Novembre						

Taula 18: Subíndexs i índexs TCl per cada estació de l'any de Cadí Nord.

Un cop ja tenim els resultats estacionals del TCl s'ha de comparar amb el sistema de classificació per així estimar si les condicions climàtiques son òptimes o no pel turisme en general.

A la categoria descriptiva de la següent taula ens mostra estacionalment per cada estació meteorològica les seves condicions:

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)			Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)		
ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva	ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva
HIVERN	64	Good	HIVERN	42	Marginal
PRIMAVERA	76	Very good	PRIMAVERA	54	Acceptable
ESTIU	96	Ideal	ESTIU	82	Excel·lent
TARDOR	92	Ideal	TARDOR	58	Acceptable

Taula 19: Mostra la categoria de condicions climàtiques per cada estació de l'any a les dues estacions d'estudi.

Com es pot observar l'estació de Das és la més oportuna pel turisme segons l'índex TCI, concretament a l'estiu i a la tardor. Hivern i primavera no es considera que tingui un índex baix. En canvi a l'estació de cadí Nord, a més altitud, evidentment, els resultats donen que no és una zona tan bona com Das, degut a les seves baixes temperatures i l'alta precipitació, tot i que a l'estiu es considera una zona excel·lent pel turisme. Tot seguit es pot veure una interpolació de les dos estacions generalitzant així uns resultats per la Cerdanya. Vegem els resultats:

Interpolació de les dos estacions		
ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva
HIVERN	53	Acceptable
PRIMAVERA	65	Good
ESTIU	89	Excel·lent
TARDOR	75	Very Good

Taula 20: Interpolació mitjançant mitjanes per aproximar l'índex TCI a la comarca cerdana.

Amb aquesta mitja es pot observar com la Cerdanya no té un clima dolent generalment durant l'any pel turisme, destacant l'excel·lència pel turisme d'estiu, i per tant, la validesa de l'aplicació d'aquest tipus d'índex.

No s'ha d'oblidar que aquest índex considera un turisme més confortable per activitats, sobretot, d'altres temperatures i no per activitats més hivernals com són les de neu o com és per exemple el turisme d'esquí.

Si considerem el turisme d'esquí, aquest índex varia considerablement, ja que tenint en compte que aquest índex es basa en temperatures altes i precipitacions baixes, pel turisme idoni d'esquí és totalment el revés, ja que es necessiten temperatures baixes i precipitacions altes, per tal de que la neu hi abundi. Per tant es fa una petita modificació de l'índex per tal d'acostar-nos el millor possible, tot i que la Cerdanya viu dels dos tipus de turisme, del d'estiu però especialment del d'hivern.

La modificació d'aquest índex es basa en editar les categories descriptives per tal d'acostar-se a la realitat pel turisme de neu. El què s'ha fet és invertir l'escala amb la puntuació corresponent, tot i que, no vol dir que com més puntuació aquest turisme és menys favorable i com menys puntuació és més favorable, ja que si la puntuació és molt baixa voldrà dir que les temperatures seran extremadament baixes, al igual que pot haver, precipitacions extremes, com també molt poques hores de sol i vents a altes velocitats, repercutint el turisme degut a la severitat climatològica. Si que és veritat que com més alt aquest índex les condicions són més desfavorables degut a elevades temperatures i degut això a l'escassetat de la nivositat.

Vegem el següent quadre on descriu la categoria que es proposa per a cada puntuació:

TCI scores	Descriptive categories
90-100	Impossible
80-89	Extremament desfavorable
70-79	Molt desfavorable
60-69	Desfavorable
50-59	Acceptable
40-49	Excel·lent
30-39	Ideal
20-29	Desfavorable
10-19	Molt desfavorable
<10	Extremament desfavorable

Taula 21: Quadre on descriu la categoria de la qualitat del turisme per cada puntuació de l'índex TCI

Tot seguit es pot veure la valoració a cada estació i també a la interpolació de les dos, veient si és favorable o no. Vegem els quadres:

Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)			Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)		
ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva	ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva
HIVERN	64	Desfavorable	HIVERN	42	Exce-lent
PRIMAVERA	76	Molt desfavorable	PRIMAVERA	54	Acceptable
ESTIU	96	Impossible	ESTIU	82	Extremadament desfavorable
TARDOR	92	Impossible	TARDOR	58	Acceptable

Taula 22: Taula que mostra la categoria de condicions climàtiques modificada per cada estació de l'any a les dues estacions d'estudi.

Interpolació de les dos estacions		
ESTACIÓ	TCI	Categoria descriptiva
HIVERN	53	Acceptable
PRIMAVERA	65	Good
ESTIU	89	Excel·lent
TARDOR	75	Very Good

Taula 23: Interpolació mitjançant mitjanes per aproximar l'índex TCI a la comarca cerdana.

Al hivern a l'estació de Cadí Nord les condicions climàtiques pel turisme d'hivern són excel·lents mentre que a Das les condicions són desfavorables degut a la seva altitud i com a conseqüència les seves temperatures i precipitació. En l'interpolació, es pot observar com al hivern les condicions de la Cerdanya són acceptables pel que fa el turisme d'hivern.

7. Estudi de tendències climàtiques

Estudiant les dades climàtiques estacionals de la comarca cerdana de més d'una seixantena d'anys (1950-2011) es pot veure una tendència molt clara a cada una de les estacions de l'any pel que fa la temperatura i la precipitació, sobretot la que interessen que són les d'hivern i estiu. Els següents gràfics mostren les tendències de cadascuna d'aquestes dues estacions:

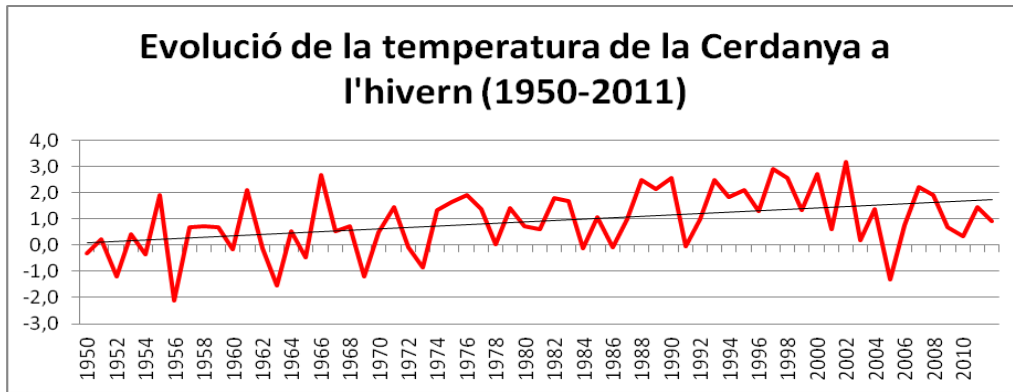


Figura 4: Temperatures mitjanes anuals (1950-2011) (linia vermella) a l'hivern juntament amb la seva tendència (linia negra).

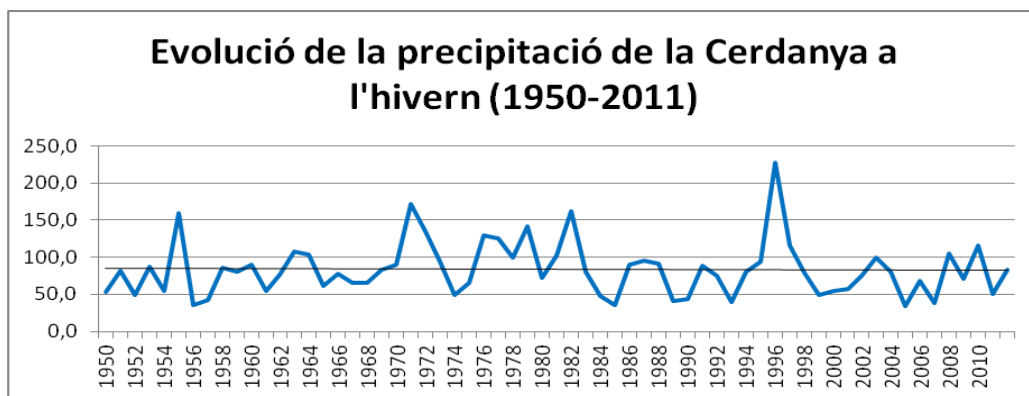


Figura 5: Precipitacions mitjanes anuals (1950-2011) (linia blava) a l'hivern juntament amb la seva tendència (linia negra).

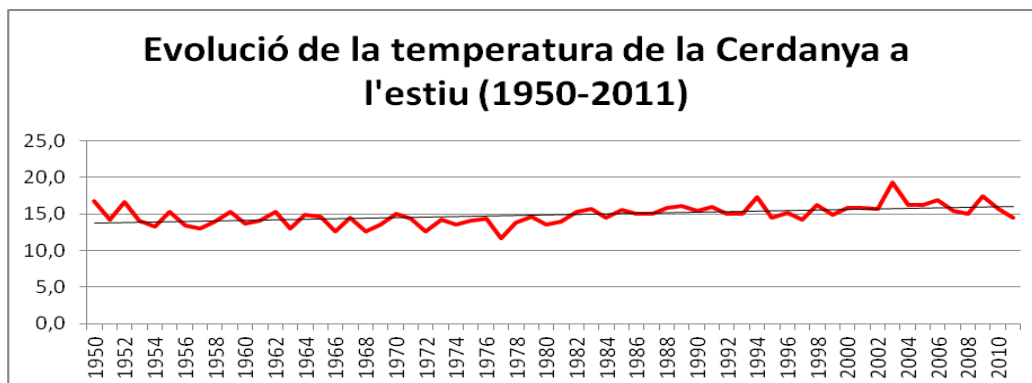


Figura 6: : Temperatures mitjanes anuals (1950-2011) (linia vermella) a l'estiu juntament amb la seva tendència (linia negra).

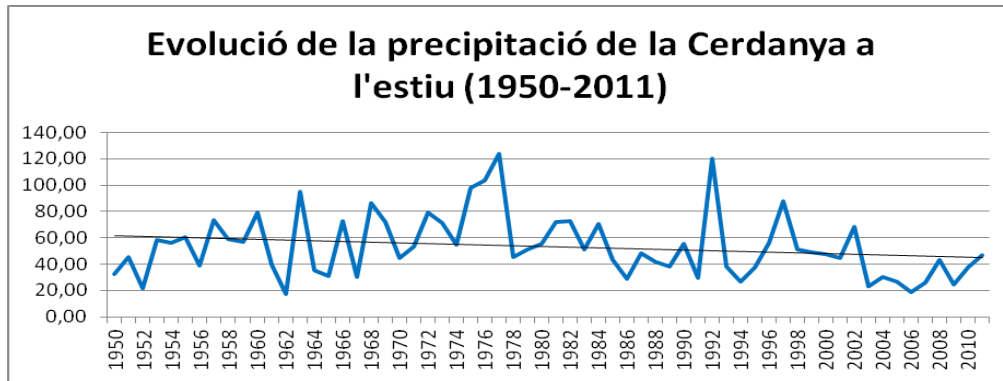


Figura 7: Precipitacions mitjanes anuals (1950-2011) (línia blava) a l'estiu juntament amb la seva tendència (línia negra).

Es pot observar com les temperatures al hivern i a l'estiu de la comarca cerdana tenen una tendència clarament alcista, el hivern molt més marcada que no pas a l'estiu, que comparant els gràfics es pot veure com les temperatures del hivern han estat molt més irregulars any rere any que les de l'estiu que han estat més regulars.

En canvi, pel que fa les precipitacions a les dues estacions tenen una minsa tendència a la baixa, especialment a l'estiu que el pendent és un palet més pronunciat que no pas al hivern que les precipitacions mantenen la línia de tendència bastant constant. Com es poden veure en els gràfics de l'annex el comportament de la primavera i de la tardor, són bastant similars el de l'estiu.

8. Estudi de tendències turístiques

Pel que fa el turisme dir que en primer lloc s'ha de saber que el turisme no depèn només del clima, factor molt important, sinó que també depèn de l'economia, la natalitat, l'oferta i competència amb altres destinacions, i d'altres factors. A més, es tracta d'informació indirecta, molts cops en base a qüestionaris. En efecte, l'anàlisi de les dades de turisme mostra que hi ha resultats totalment contraris i alterns.

Vegem la tendència dels següents gràfics de turisme a diferents zones de la Cerdanya.

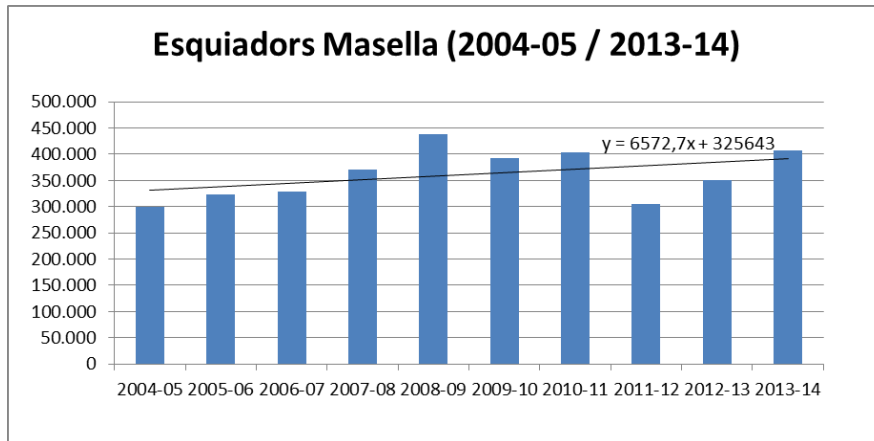


Figura 8: Mostra l'evolució dels esquiadors als últims 10 anys a l'estació d'esquí de La Masella.

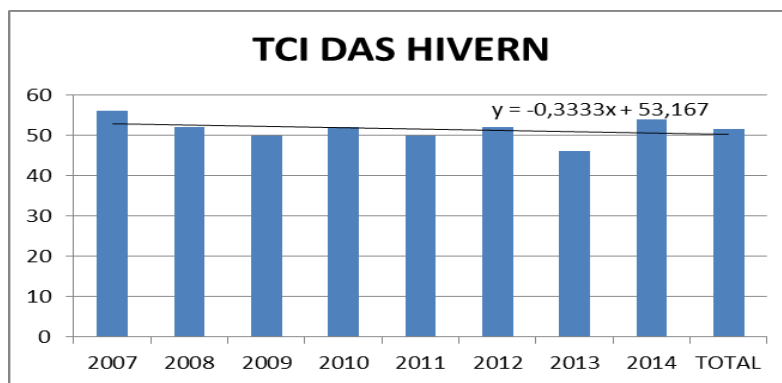


Figura 9: Mostra el TCI de l'hivern amb una serie de dades des del 2007 per tal de comparar-ho amb els esquiadors de la Masella

Elaborant el coeficient de correlació lineal de Pearson i la significació d'aquest coeficient de correlació entre els esquiadors de la Masella i el Tci de Das (mateixa altitud) al hivern, mitjançant els següents valors, s'ha pogut comprobar com el nivell de significància és evident i significatiu però es bastant baix.

R de Pearson	-0,17
R2	2,88%
T student	24,01
Taules	2,80

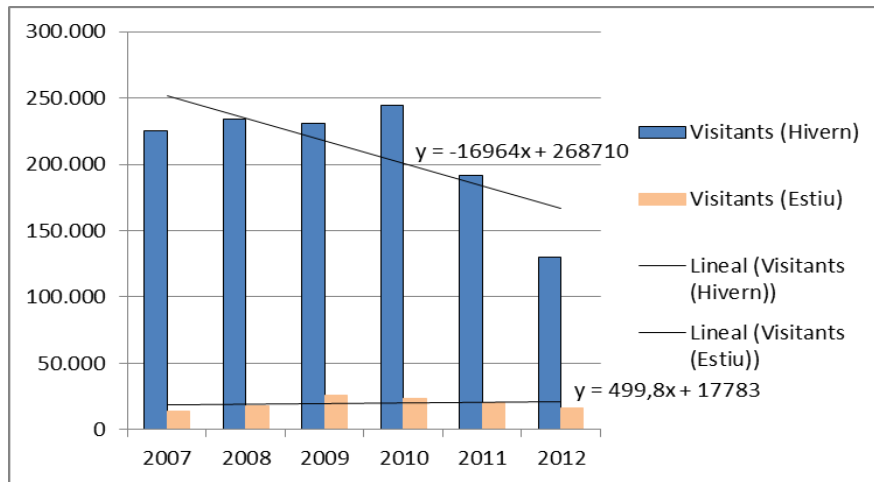


Figura 10: Mostra els visitants dels últims cinc anys a l'estació de la Molina a les temporades d'estiu i d'hivern.

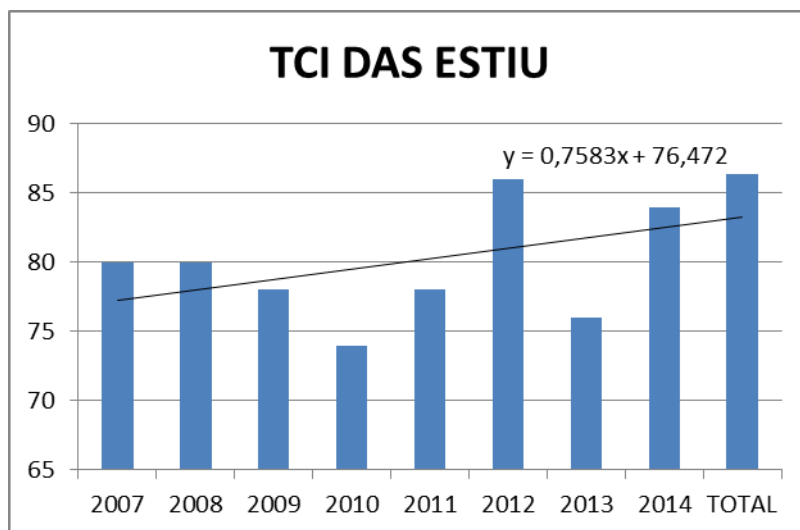


Figura 11: Mostra el TCI d'estiu per tal de comparar-ho amb els visitants d'estiu de la Molina

Elaborant en aquest cas el coeficient de correlació lineal de Pearson i la significació d'aquest coeficient de correlació entre els visitants de la Molina i el Tci de Das (mateixa altitud) a l'estiu, mitjançant els següents valors, s'ha pogut comprobar com el nivell de significància és molt elevat i significatiu, molt més que per el cas del hivern.

R de Pearson	-0,66
R2	43,34%
T student	10,25
Taules	0,70

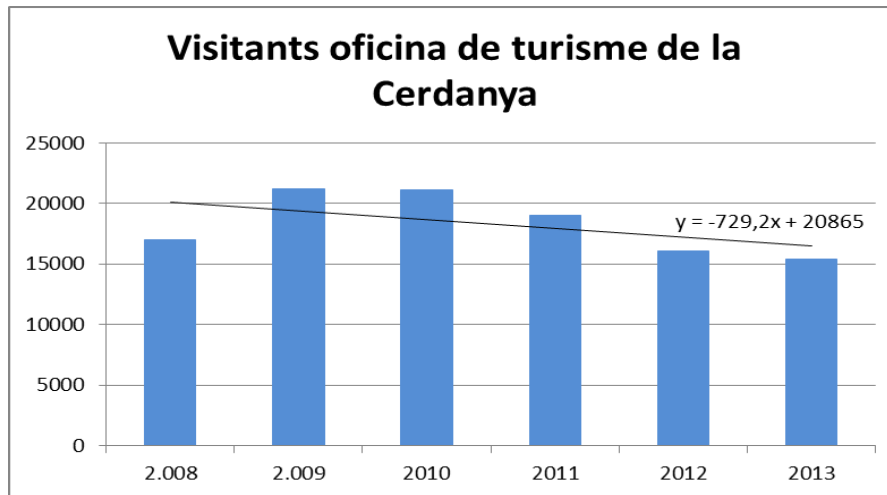


Figura 12: Mostra els visitants dels últims cinc anys a la Oficina de Turisme de la Cerdanya.

En l'anàlisi d'aquests gràfics es pot veure que l'única zona cerdana de referència del turisme d'esquiadors amb una tendència positiva ha estat a la Masella ($y=6572,7x + 325643$), en canvi, a la Molina, la tendència del número de visitants a l'hivern és negativa ($y= -16964x + 268710$) al igual que a l'oficina de turisme de la Cerdanya ($y= -729,2x + 20965$), en canvi, a l'estació de la Molina a l'estiu es veu una petita tendència a l'alça amb una recta de regressió positiva de $y=499,8x + 17783$.

Aquestes dades són molt orientatives ja que només són de cinc anys i per tant, no es pot fer una estimació exacte del turisme pròxim. Atenent al període tan curt d'intersecció entre dades climàtiques i turístiques, no s'ha pogut fer la correlació entre elles.

Tot i així, fent un anàlisi global de tot el que s'ha pogut estudiar, com és l'índex i les tendències, es pot verificar que actualment el turisme d'hivern o d'esquí és molt apropiat a la Cerdanya degut a la quantitat de nivositat que tenen les estacions i a les baixes condicions extremes ja que així el turisme pot fer activitats de neu de forma confortable. Veient les tendències es pot intuir que aquest turisme d'esquí baixarà considerablement a les pròximes dècades degut al augment de temperatura i a la disminució de precipitació, com a conseqüència una disminució de la precipitació en forma de neu a cotes relativament baixes. Per altre banda, el clima pel turisme de muntanya és molt apropiat a l'estiu però encara no està del tot sustentat, tot i que les tendències del clima faran que aquest turisme augmenti, igual que aquest tipus de turisme al hivern.

9. Conclusions

El clima de la Cerdanya està en un procés de canvi, com també passa a gran part del globus terrestre, però especialment a les zones de muntanya degut a la seva variació altitudinal i climàtica en pocs metres o quilòmetres.

L'anàlisi i l'elaboració d'aquest treball, és a dir, el càlcul de l'índex TCI, la modificació d'aquest, l'estudi de les diferents variables meteorològiques, com també l'estudi i anàlisi de les tendències de temperatura i precipitació, tot centrat a la comarca cerdana, ha sigut molt enriquidor ja que s'han pogut veure les diverses variacions en el clima del passat, el present i una estimació del clima dels pròxims anys, tot relacionant-ho i fent una estimació del turisme de muntanya, a qualsevol estació de l'any, concretament a l'estiu i al hivern.

Un dels motors econòmics principals de la Cerdanya és el turisme, especialment el turisme d'hivern o l'anomenat turisme d'esquí, ja que és l'índex fins el moment degut a les condicions climatològiques actuals, com ens reflecteix l'índex TCI.

Segons les tendències de temperatura i precipitació aquests paràmetres de turisme canviaran, ja que la temperatura en les últimes dècades ha augmentat considerablement i ho seguirà fent en els pròxims anys, i per al contrari, la precipitació any rere any va disminuint minsament. Això farà que les condicions climàtiques variïn, i la cota de neu pugi ràpidament fent que la nivositat serà més escassa o nul·la a cotes baixes, i també més escassa a cotes altes degut a la disminució de precipitació.

Tenint en compte aquests paràmetres i les tendències estimades, el turisme d'hivern disminuirà considerablement en les pròximes dècades si depèn principalment de la neu, i en canvi el turisme estival podrà augmentar lleugerament ja que les temperatures i precipitacions seran més semblants a la zona litoral de Catalunya, i per tant, serà una zona més confortable, segons l'estimació de l'índex TCI.

Aquests canvis climatològics pot portar conseqüència a l'extinció del turisme de neu, i això fa que s'hagin de buscar altres estratègies de mercat pel turisme, en innovar amb altres activitats, ja que en èpoques de canvi, aquest cas canvis climatològics, significa èpoques d'oportunitats. Oportunitats que s'han de buscar per tal que el principal motor econòmic de la comarca no fracassi i passi a se l'últim motor.

En el camp de la meteorologia i de la climatologia, un treball d'aquest tipus és rellevant, ja que estudia el possible canvi climàtic d'una àrea de muntanya, com és la comarca de la Cerdanya. És molt important saber les tendències i les possibles conseqüències per tal de prevenir i actuar en els diferents aspectes que es troben a la comarca, com és concretament el sector del turisme, per tal de millorar i d'anticipar-se en un futur relativament proper.

10. Agraïments

En aquest treball final del Màster Oficial de Meteorologia, anomenat *Determinació del TCI (Tourism Climatic Index) per la influència del Canvi Climàtic al turisme de la Cerdanya* vull agrair-lo especialment a la tutora del treball, M^a Carme Llasat del Departament d'Astronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona, per la seva participació i pel seu recolzament en tot moment, igual que a tota la família i amics del meu voltant que m'han animat en els moments més difícils, com també a les següents persones i entitats que m'han pogut facilitar informació i les dades meteorològiques i de turisme.

- Raül Marcos Matamoros. GAMA Team (Meteorological Hazards Analysis. Dept. Astronomy & Meteorology Faculty of Physics Team)
- Arnau Amengual Pou i Romualdo Romero March. Grup de Meteorologia de la facultat de físiques de la Universitat de les Illes Balears.
- Juan Antonio Duro Moreno. Director de l'Índex UAB d'activitat turística.
- Estació d'esquí La Masella
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)
- Oficina de Turisme Comarcal de La Cerdanya

11. Bibliografia

Articles:

- Atlas del Turisme a Catalunya, Mapa nacional de l'oferta i els productes turístics (Generalitat de Catalunya).
- *Boletín anual de indicadores climáticos – Año 2007. 2008.* SMC (Servei Meteorològic de Catalunya)
- *Comfort Index, Thermal Sensation and Heat Waves Impact on People.* Lic. in Physics Ernesto Urriola. Hidrometeorologia de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.).
- De Freitas C.R, Scott D, McBoyle G (2007). A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification.
- EEA, 2010a: *The European Environment, State and Outlook 2010. Water Resources: Quantity and Flows.* European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- ESTEBAN VEA, M. PROHOM DURAN & E. AGUILAR, Andorra. *Tendències recents i índexs de canvi climàtic de la temperatura i la precipitació a Andorra, Pirineus (1935-2008)*, pagina 99.
- Henderson, G.R. and D.J. Leathers, 2010: *European snow cover extent variability and associations with atmospheric forcings.* International Journal of Climatology, **30(10)**, 1440-1451.
- *Indicadores climáticos para el seguimiento*, Jordi Cunillera (SMC), Bolletí anual d'indicadors climàtics – Any 2007. 2008.
- IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) WGII AR5 Chapter 23. Sari Kovats (UK), Riccardo Valentini (Italy), Laurens M. Bouwer (Netherlands), Elena Georgopoulou (Greece), Daniela Jacob (Germany), Eric Martin (France), Mark Rounsevell (UK), Jean-Francois Soussana (France). Març 2014, Europa.
- LÓPEZ PALOMEQUE, F. (1999): *El paisaje en los procesos de producción y consumo turísticos: fundamentos, sinergias y conflictos*, en Ponències III Congreso de Ciencia del Paisaje: "Paisaje y Turismo", Universidad de Barcelona, pp. 119-146, Barcelona.
- Matzarakis, A. (2001b) *Climate and bioclimate information for tourism in Greece.* First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece.
- Mieczkowski, Z. (1985) *The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism.* *Canadian Geographer* 29 (3), 220–33.

- OPCC, 2013: *Pyrenees Climate change observatory: Integrating climate change adaptation into your activities and policies*, Communauté de Travail des Pyrénées-CTP, 42 pp., Jaca, España.
- OPCC 2013: *Estudi sobre l'adaptació al canvi climàtic als Pirineus*. Jaca, España.
- Peterson, T., P. Scott, and S. Herring, 2012: *Explaining extreme events of 2011 from a climate perspective*. Bulletin of the American Meteorological Society, **93**, 1041-1067.
- Scott D, Jones B, Lemieux C, McBoyle G, Mills B, Svenson S, Wall G (2002) *The vulnerability of winter recreation to climate change in Ontario's Lakelands Tourism Region*. Occasional Paper 18, Department of Geography Publication Series, University of Waterloo, Waterloo.

Dades:

- E-OBS (European Observation gridded dataset) v.7.0 is a state-of-the-art high-resolution publicly available daily precipitation, temperature and pressure gridded dataset covering Europe and Mediterranean-African coast over the period 1950-june2011 (0.25° x 0.25°, approximately 25km x 25km). It is based on a network of more than 2000 stations obtained from different European institutions and projects.

Pàgines electròniques:

- <http://www.opcc-ctp.org/>
- <http://www.cerdanya.org/>
- catneu.cat
- estadistica.ad
- [Idescat](http://idescat)
- <http://www.ub.edu/mapaturismecat/ARTS/131.html>
- <http://www.cerdanya.org/>
- <http://bloc.meteo.cat/campanya-de-mesures-la-cerdanya-2/> (11 juliol)
- scalibur21.com
- wikipedia.com
- http://www.uib.es/depart/dfs/meteorologia/METEOROLOGIA/ROMU/formal/RCM_local_scales/RCM_local_scales.pdf
- http://www.uib.es/depart/dfs/meteorologia/METEOROLOGIA/ROMU/formal/climate_potential_tourism/climate_potential_tourism.pdf

Organismes:

- Servei Meteorològic de Catalunya (SMC)
- Agència Estatal de Meteorologia (AEMET)
- Institut Geològic de Catalunya (IGC)

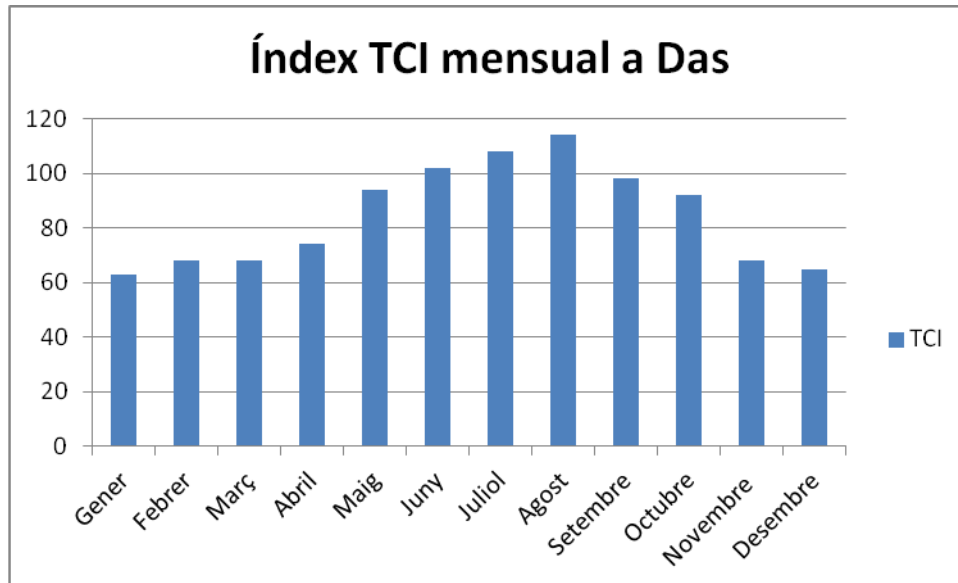
ANNEX

SUMARI ANNEX

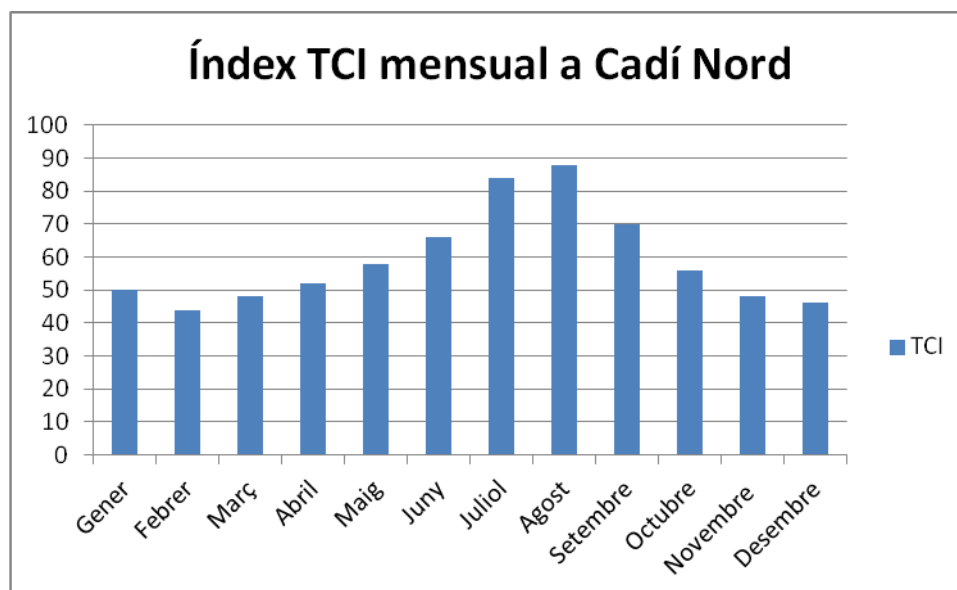
Gràfics mensuals de l'índex TCI.....	36
Taules de dades i índex estacional.....	37
Tendències climatològiques de temperatura i precipitació a la primavera.....	39
Tendències climatològiques de temperatura i precipitació a la tardor.....	40

Gràfics mensuals de l'índex TCI

- Pertany a la Taula 15



- Pertany a la Taula 16



Taules de dades i índex estacional

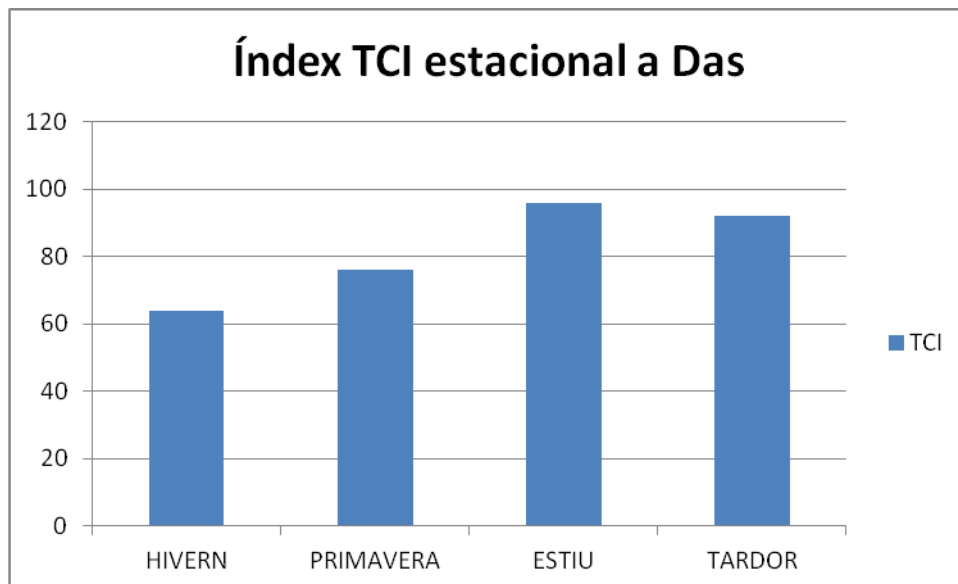
- Estació meteorològica automàtica de Das (XEMA)

o Dades meteorològiques

ESTACIÓ	MES	Temperatura Mitj diària (°C)	Temperatura Max. diària (°C)	Prec total (mm)	Prec. Anual	Vent (m/s)	Vent (km/h)
HIVERN	Desembre	0,81	8,65	129,10	16,74	1,88	6,77
	Gener						
	Febrer						
PRIMAVERA	Març	7,81	15,71	540,77	67,60	2,12	7,62
	Abril						
	Maig						
ESTIU	Juny	16,81	26,14	441,63	57,59	1,91	6,88
	Juliol						
	Agost						
TARDOR	Setembre	9,02	17,77	290,40	41,49	1,79	6,45
	Octubre						
	Novembre						

Rad Solar (w/m2)	Hores solars	Humitat relativa (%)	Temperatura efectiva	Temperatura aparent $\bar{\theta}$ (ThCDL)	Temperatura aparent $\bar{\theta}$ (ThCDT)
9,27	7,17	70,59	1,26	-0,34	8,97
19,31	8,33	67,31	12,47	7,57	16,93
24,40	9,33	65,57	29,04	18,03	29,09
13,43	7,50	71,02	13,48	9,45	19,84

o Gràfic de l'Índex TCI: Pertanyent a la Taula 17



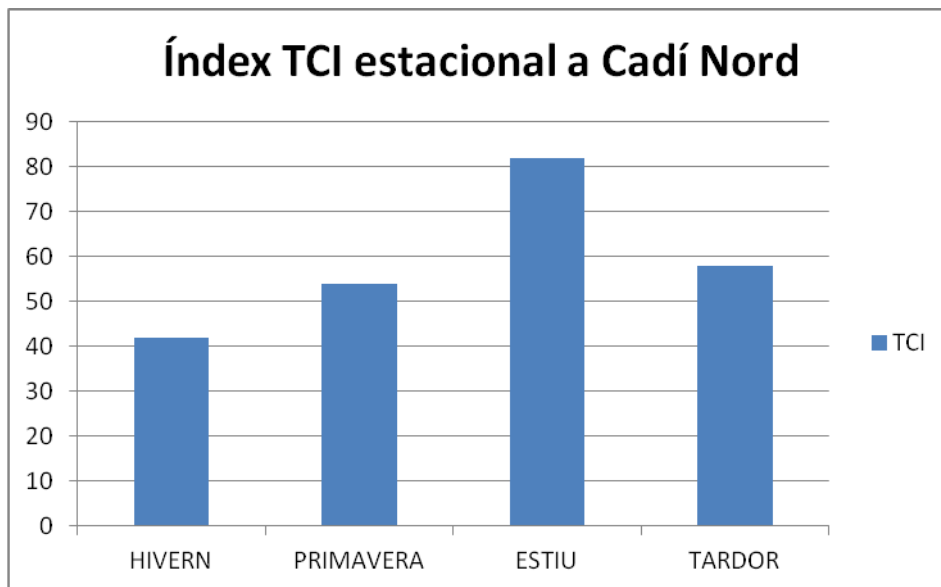
- Estació meteorològica automàtica de Cadí Nord (XEMA)

o Dades meteorològiques

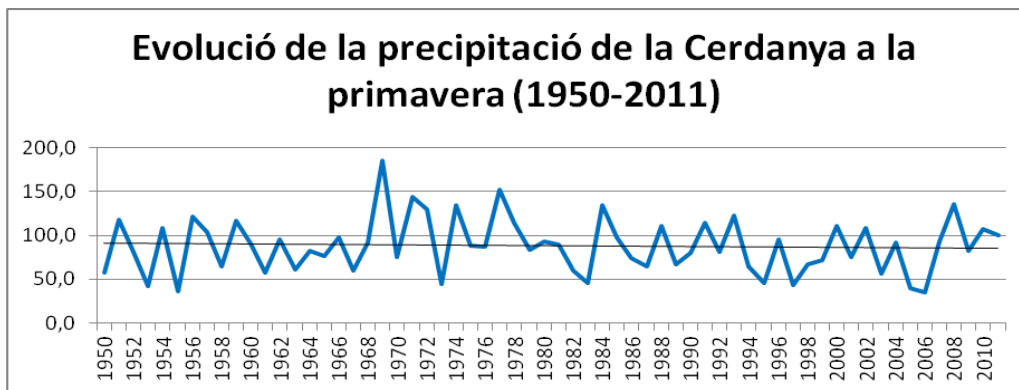
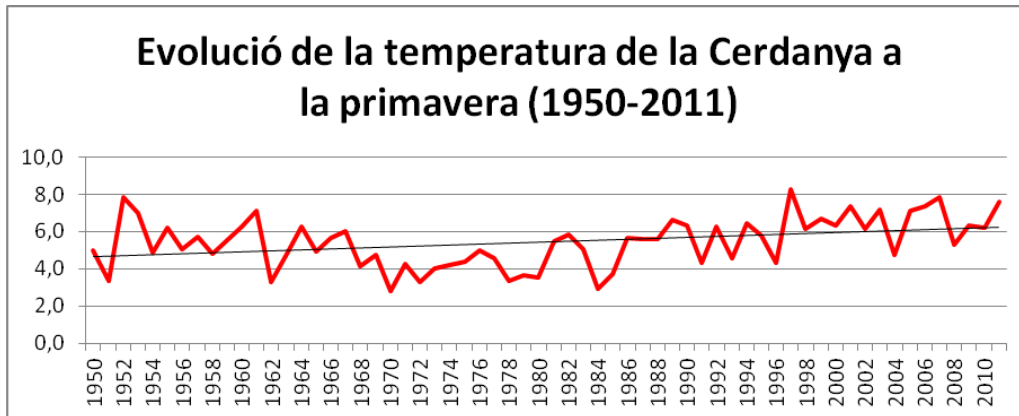
ESTACIÓ	MES	Temperatura Mitj diària (°C)	Temperatura Max. diària (°C)	Prec total (mm)	Prec. Anual	Vent (m/s)	Vent (km/h)
HIVERN	Desembre	-1,62	1,22	362,20	47,28	2,23	8,03
	Gener						
	Febrer						
PRIMAVERA	Març	2,50	6,35	1035,60	129,45	2,04	7,33
	Abril						
	Maig						
ESTIU	Juny	12,09	16,29	626,07	81,14	1,98	7,11
	Juliol						
	Agost						
TARDOR	Setembre	5,36	8,67	654,17	93,45	2,01	7,24
	Octubre						
	Novembre						

Rad Solar (w/m2)	Hores solars	Humitat relativa (%)	Temperatura efectiva	Temperatura aparent (ThCDL)	Temperatura aparent (ThCDT)
6,03	6,33	59,13	-3,25	-4,63	-1,25
17,80	8,00	69,07	3,55	1,48	6,04
23,11	9,00	62,95	22,63	12,10	17,09
11,52	7,50	65,26	9,24	4,41	8,33

- **Gràfic de l'Índex TCI:** Pertanyent a la Taula 18



Tendències climatològiques de temperatura i precipitació a la primavera



Tendències climatològiques de temperatura i precipitació a la tardor

