

34è CICLE DE CONFERÈNCIES
RECULL 2018

550 anys
de la mort de



Gutenberg

i
50 anys

DEL PRIMER TRASPLANTAMENT DE COR



13ns

debats de recerca

**Energia
i recursos
naturals:
treballant
pel futur**

Societat Andorrana de Ciències

Data: 6 i 7 de juny del 2018
Lloc: Sala d'actes de MoraBanc
 Av. Meritxell, 96
 Andorra la Vella

L'assistència és lliure i gratuïta i no cal inscriure-s'hi.

Els estudiants de l'UdA que assisteixin als Debats podran demanar reconeixement de l'activitat com a crèdits de lliure elecció (6 hores).
 Més informació a la mateixa Universitat.

Patrocina:


Organiza:
 Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior
 Societat Andorrana de Ciències



Per a més informació:
 Societat Andorrana de Ciències
 Centre Cultural La Llacuna
 C. Mossèn Cinto Verdaguer, 4
 Andorra la Vella
 Tel. 829 729
 www.sac.ad
 sac@andorra.ad

Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior
 Av. Rocafort, 21-23
 Edifici El Moli
 Sant Julià de Lòria
 Tel. 743 300
 www.ensenyamentsuperior.ad/receca
 receca@govern.ad

12ns Debats de recerca

ENERGIA I RECURSOS NATURALS: TREBALLANT PEL FUTUR



6 i 7 de juny del 2018

Sala d'actes de MoraBanc
 Av. Meritxell, 96, Andorra la Vella



12ns Debats de recerca

ENERGIA I RECURSOS NATURALS: TREBALLANT PEL FUTUR

Dimecres, 6 de juny

- 18.00 h Inauguració dels 12ns Debats de recerca**
 Benvinguda a càrrec de la Sra. Mireia Maestre Cortadella, directora de comunicació i marca de MoraBanc.
 Presentació dels Debats de recerca a càrrec de la Sra. Àngels Mach Buch, presidenta de la Societat Andorrana de Ciències.
 Inauguració oficial del ministre d'Educació i Ensenyament Superior, M. I. Sr. Eric Jover Comas.
 Presentació dels ponents i del programa a càrrec de la Dra. Marta Fonolleda Riberaigua, coordinadora dels 12ns Debats de recerca.
- 18.20 h Conferència plenària. La transició energètica del segle XXI: podem escollir?**
 Dr. Jordi Llorca i Piqué, catedràtic del Departament d'Enginyeria Química i de l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- 19.20 h Pausa**
- 19.35 h Aplicació a Andorra de la transició energètica: les accions de FEDA**
 Sr. Albert Moles i Beria, director general de Forces Elèctriques d'Andorra i enginyer per l'Institut Nacional de Ciències Aplicades de Lyon, especialitat energia.
- 19.55 h Els impactes de PHASA**
 Sra. M. Jesús Lluïsen Larena, doctora en geografia per la Universitat de Saragossa i professora col·laboradora de la Universitat d'Andorra.
- 20.15 h Informació de base per a la recerca sobre recursos naturals i energia**
 Sr. Ramon Copons Llorens, doctor en ciències geològiques per la Universitat de Barcelona, director tècnic del Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra de l'Institut d'Estudis Andorrans.
- 20.35 h Debat**

Dijous, 7 de juny

- 18.00 h Transformació dels residus orgànics en productes químics i energètics d'alt valor econòmic mitjançant l'ús de biotecnologies inspirades en la natura**
 Sr. Xavier Fonoll Almansa, doctor en enginyeria i tecnologies avançades per la Universitat de Barcelona, investigador postdoc al Civil & Engineering Department de la Universitat de Michigan.
- 18.20 h Potencial d'aprofitament solar en cobertes d'Andorra**
 Sr. Guillem Francisco Gmè, graduat en enginyeria de l'energia per la Universitat Politècnica de Catalunya i investigador a l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra.
- 18.40 h Projecte terMITES: sensors, educació i energia**
 Sra. Juanita Davis Clavijo, City Science advisor del grup d'investigació de City Science, al Massachusetts Institute of Technology, Media Lab.
- 19.00 h Debat**
- 19.15 h Pausa**
- 19.30 h Taula rodona: Energia: renovant el present, treballant pel futur**
 Moderadora: Sra. Marta Fonolleda Riberaigua.
 Membres: Sr. Jordi Breuà Ruiz, enginyer en electrònica industrial i automàtica per la Universitat de Vic, màster en energia per al desenvolupament sostenible per la Universitat Politècnica de Catalunya i gerent d'Origina Solucions Energètiques; Sr. Xavier Gómez Vergas, doctor en ciències ambientals per la Universitat Autònoma de Barcelona i responsable del Centre Andorra Sostenible; Sr. Carles Miquel García, enginyer superior en aigua i medi ambient, enginyer tècnic en obres públiques i cap de l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic, Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat del Govern d'Andorra.
- 20.30 h Conclusions i cloenda**

Sumari

Benvinguda als 12ns Debats de recerca

Mireia Maestre i Cortadella, directora de Comunicació i Marca de MoraBanc 201

Presentació dels 12ns Debats de recerca

Àngels Mach i Buch, presidenta de la Societat Andorrana de Ciències203

Inauguració oficial

M. I. Sr. Eric Jover i Comas, ministre d'Educació i Ensenyament Superior..... 205

Presentació dels ponents i del programa

Dra. Marta Fonolleda i Riberaygua, coordinadora dels 12ns Debats de recerca 208

Conferència plenària:

La transició energètica del segle XXI: Podrem escollir?

Dr. Jordi Llorca i Piqué, catedràtic del departament d'Enginyeria Química
i l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya 209

La transició energètica a Andorra

Sr. Albert Moles i Betriu, enginyer a l'Institut National des Sciences
Appliquées de Lió i director general de Forces Elèctriques d'Andorra 217

Els impactes de Fhosa

Dra. M. Jesús Lluelles i Larrosa, doctora en Geografia per la Universidad
de Zaragoza i professora col·laboradora de la Universitat d'Andorra 222

Informació de base per als estudis sobre recursos naturals i energia

Dr. Ramon Copons i Llorens, doctor en Ciències Geològiques per
la Universitat de Barcelona, director tècnic del Centre d'Estudis
de la Neu i de la Muntanya d'Andorra de l'Institut d'Estudis Andorrans 236

Transformació dels residus orgànics en productes químics i energètics d'alt valor econòmic mitjançant l'ús de biotecnologies inspirades en la natura

Dr. Xavier Fonoll i Almansa, doctor en Enginyeria i Tecnologies avançades
per la Universitat de Barcelona, investigador postdoctoral al Civil & Environmental
Engineering Department de la Universitat de Michigan 249

Potencial d'aprofitament solar en cobertes d'Andorra

Sr. Guillem Francisco i Giné, graduat en Enginyeria de l'Energia per la Universitat Politècnica de Catalunya i investigador a l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra ... 258

Projecte terMITes: sensors, educació i energia

Dr. Marc Pons i Pons, doctor en Enginyeria de la Sostenibilitat, investigador al Cenma i director de l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra

Sr. Bruno Bartolomé i Levos, director de l'Escola Maternal i Primera ensenyança de l'Escola Andorrana d'Andorra la Vella 269

Taula rodona. Energia: renovant el present, treballant pel futur

Sr. Jordi Brescó i Ruiz, enginyer en Electrònica Industrial i Automàtica per la Universitat de Vic, enginyer tècnic industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya i gerent d'Origina Solucions Energètiques

Dr. F. Xavier Gómez i Vargas, doctor en Ciències Ambientals per la Universitat Autònoma de Barcelona i responsable del Centre Andorra Sostenible

Sr. Carles Miquel i Garcia, enginyer superior en Aigua i Medi Ambient, enginyer tècnic en Obres Públiques i cap de l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic, del ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat del Govern d'Andorra

Moderadora: Dra. Marta Fonolleda i Riberaygua 272

Conclusions i cloenda

Dra. Marta Fonolleda i Riberaygua, coordinadora dels 12ns Debats de recerca 291

Recull d'imatges



Benvinguda

Bona tarda a tothom. Benvinguts a MoraBanc.

Molt Il·lustre Senyor Ministre, senyora presidenta, coordinadora, ponents, senyores, senyors,

Estem molt contents de tenir-vos a tots avui aquí i de tornar a fer uns altres Debats de recerca, de la mà de la SAC, amb la col·laboració del Govern i del Ministeri d'Educació. Ahir vam celebrar el Dia mundial del medi ambient i som de ple en la Setmana de l'energia. Avui ens centrem en els debats de la SAC, sobre energia i recursos naturals.

L'agenda que ens toca viure implica inevitablement solucionar els problemes d'abastiment, d'utilització racional dels recursos, de respecte de l'entorn, de gestió responsable de les nostres deixalles o de consum adequat per garantir un futur a les properes generacions. És una tasca de tothom. Des de les institucions fins a les empreses, però sobretot una tasca del consumidor, que al final tria i actua.

La divulgació és, doncs, un treball imprescindible perquè els missatges arribin a tothom, junt amb les polítiques que han d'afavorir la sostenibilitat de les nostres accions. Andorra es troba en un entorn natural privilegiat i el millor aprofitament dels recursos naturals ha de ser un dels eixos principals de la política d'aquest país.

A MoraBanc treballem des de fa anys en la línia de gestió responsable dels recursos i dels residus amb l'aplicació de plans i accions de reducció dels consums amb la introducció d'aplicacions pràctiques com les normatives ISO, el càlcul de la nostra petjada de carboni per aconseguir una reducció constant, l'adhesió als Objectius de desenvolupament sostenible de Nacions Unides o les col·laboracions amb el Ministeri de Medi Ambient.

Tot això ho fem des del nostre sector privat, però és veritat que és important que a tot arreu hi hagi una suma de totes les iniciatives. Un any més, els Debats toquen temes de màxim interès i d'actualitat i us agraïm que confieu en MoraBanc per fer-los.

Us felicitem un any més per la iniciativa, pel tema tractat, per la qualitat dels ponents i sobretot per la tasca de divulgació tan



**Mireia Maestre
i Cortadella**

*Directora de Comunicació i
Marca de MoraBanc*

necessària que feu. Al davant tenim dos jornades per conèixer una bona oportunitat, que és possible gràcies a la feina de moltes persones que han treballat en l'organització, i per això els volem agrair tota la feina, tant a la SAC, al Govern i als ponents com a totes les persones que tots aquests dies estan fent que això sigui possible. Des de MoraBanc, com dèiem, estem contents de posar el nostre petit granet de sorra perquè aquest projecte sigui una realitat.

Moltes gràcies.

Presentació

Digníssimes autoritats, benvolgudes amigues, benvolguts amics,

Benvinguts als 12ns Debats de recerca, que iniciem ara mateix, sobre el tema tan actual de la producció de l'energia i l'aprofitament dels recursos naturals. Tornem a la recerca en ciències experimentals, i ens satisfà poder-los donar continuïtat després de les onze edicions anteriors.

Vull agrair al Ministeri d'Educació i Joventut el seu suport, i especialment al Departament d'Ensenyament Superior i Recerca, amb el qual hem coorganitzat i consensuat el programa; a MoraBanc el seu ajut per realitzar-los i als ponents que participaran avui i demà en els debats pel seu esforç per preparar-los, i als quals recordem que caldrà que ens facin arribar la versió escrita de les ponències per poder-les editar; i també vull expressar el nostre agraïment al Dr. Jordi Llorca i Piqué, que pronunciarà la conferència plenària, perquè és un bon exemple de la recerca química en aquest camp de l'energia. Un dels seus centres d'interès són els meteorits i la síntesi de molècules orgàniques a l'espai, dels quals ha publicat llibres de divulgació, cosa va fer que el convidéssim a pronunciar una conferència l'any 2005 i enguany sobre la seva altra vessant, els nous vectors energètics, temes sobre els quals ha publicat més 300 articles en revistes de prestigi internacional.

Tot i la dimensió reduïda del nostre país, també estem immersos en tots els canvis que es produeixen al planeta a causa de l'activitat humana i tenim centres de recerca a Andorra i investigadors dins i fora del país per contribuir a l'estudi de l'energia i l'aprofitament eficient dels recursos. L'objectiu dels Debats de recerca és que donin a conèixer les seves recerques a la societat.

Des de l'any 2009, en què a la 22a Diada andorrana a l'UCE de Prada es va tractar el tema de l'energia a Andorra en 25 ponències, hi ha hagut molts canvis al país: la central de cogeneració encara era un projecte i ara és una realitat, l'aprofitament del sol amb plaques fotovoltaïques es començava a projectar i no hi havia cotxes, ni autobusos ni bicicletes elèctrics com ara. L'any 1974, en què Andorra va



Àngels Mach i Buch

*Presidenta de la Societat
Andorrana de Ciències*

deixar de ser autosuficient en la producció d'energia elèctrica, vàrem passar a importar el 90% de l'energia, però l'esforç de FEDA per ser més sostenibles ha portat que més del 55% de l'energia consumida el mes de maig passat s'hagi generat aquí. I el Govern d'Andorra ha apostat fermament per la sostenibilitat i l'eficiència en aquest àmbit promovent i subvencionant la utilització d'energies renovables.

La setmana passada una investigadora guardonada per la Fundació Princesa de Girona, Maria Escudero, va rebre el premi en tecnologia energètica de la Societat Americana d'Electroquímica pels seus treballs en l'estudi de les reaccions que permeten convertir gasos amb efecte d'hivernacle en combustibles com el metà i per sintetitzar polímers químics de manera sostenible. Dirigeix el grup de nano electroquímica a la Universitat de Copenhaguen. I és que la globalització fa que la recerca es realitzi a qualsevol lloc del món però la seva aplicació pugui beneficiar a tothom arreu.

Andorra no pot deixar perdre l'oportunitat de ser un país capdavanter en innovació i recerca també en l'àmbit de l'energia, i ens cal una actualització del que s'està duent a terme en aquest moment.

Inauguració

Moltes gràcies. Bona tarda a tots.

Per a mi és un plaer serestar aquí un altre cop, als Debats de recerca.

Sabeu que és un projecte que, com que hi he participat des de diferents vessants, m'agrada especialment. També sé els esforços que costa organitzar-lo. En aquest sentit em fa especialment il·lusió saber que és un projecte que tirem endavant en col·laboració, no des del Ministeri, sinó amb la Societat Andorrana de Ciències i que conjuntament construïm un programa complet, com és el d'aquest any, molt, molt interessant.

El fet de construir col·laborant crec que és una de les característiques d'aquest projecte, que el fa encara més interessant. Així doncs, deixeu-me començar per agrair la tasca de la Societat Andorrana de Ciències, per ajudar-nos a tirar endavant aquest projecte dels Debats de recerca. Un projecte que arriba a la dotzena edició; és a dir, que està perfectament consolidat, i crec que ja forma part d'aquelles iniciatives que marquen el calendari de la recerca del país.

Evidentment hem tingut la sort de comptar amb l'ajut de MoraBanc, que ha fet que aquest projecte també es pogués anar consolidant. Gràcies a ells podem ser un any més en aquesta sala, que jo crec que és perfecta per a aquest tipus d'activitat.

Crec que la temàtica d'enguany és una temàtica que als diferents actors que som presents aquí ens és especialment important, perquè és una cosa de tots. De vegades, quan es tracten algunes temàtiques dius: això és per als professionals d'aquell àmbit. En canvi, l'energia i els recursos naturals, les conseqüències associades amb l'energia, ens toquen a tots els ciutadans. Dependrà de les accions de tots els ciutadans, de les decisions que prenguem tots els ciutadans, que també ens construirem les condicions de vida, el nostre entorn per a les generacions que vindran. És molt important que tots els actors hi estiguem implicats, que no siguin tan sols els investigadors que són els especialistes en aquesta temàtica.

També m'agrada especialment fer aquest projecte en col·laboració amb MoraBanc, perquè és una entitat que ha demostrat de manera privada que aquesta temàtica se la pren



Eric Jover i Comas
*Ministre d'Educació
i Ensenyament Superior*

especialment seriosament i perquè això marca que tots hem d'aportar el nostre granet de sorra, des del sector públic als ciutadans i també les entitats privades. Ells ja fa un grapat d'anys que treballen amb el càlcul de la vostra petjada, en ser responsables de la vostra activitat i dels seus impactes, i això marca el camí de la responsabilitat que hem d'assumir tots plegats.

L'energia és una temàtica que podem tractar de diferents maneres. La podem tractar en clau local –i en aquest sentit l'Àngels ha fet una miqueta un repàs de la dependència energètica que hem tingut– i explicar que això ha tingut una evolució històrica molt important. Hem passat de ser un país exportador d'energia, després de la construcció de FHASA, a ser uns importadors amb més del 90% de la nostra energia, i el que volem és revertir una miqueta aquesta situació. A la sala hi ha especialistes bastant millors que jo per dir aquestes paraules. No tan sols hem de parlar de dependència, sinó que segurament hem de parlar de seguretat energètica, saber d'on ens venen aquestes fonts d'energia, i també una miqueta de la diversificació que tenim de les nostres fonts d'energia. Evidentment, si podem tenir energies més a prop de casa, més diversificades, més controlables, amb tot el que això implica, i més respectuoses amb el medi ambient, amb les conseqüències que pugui tenir l'ús d'aquestes energies, molt millor.

Des del Govern estem especialment compromesos amb la temàtica de l'energia i crec que les decisions que hem pres durant aquests darrers anys ho demostren. Des de les decisions institucionals i de cara al món que hem pogut prendre com, per exemple, la proclama que vam fer de cara a la COP21, compromís del Govern d'Andorra, fins a les accions del nostre dia a dia, per exemple amb els projectes Renova i Engega o la Llei de transició energètica que tenim preparada.

És a dir, crec que és una idea forta del nou Govern, que pensem que és una temàtica de país que ha de perdurar independentment del color polític. Des de l'àmbit local, és a dir, des d'assegurar-nos l'energia per continuar creixent, per

continuar evolucionant com a societat, també hem de posar un granet de sorra a efectes globals, perquè evidentment l'energia té conseqüències molt importants i el seu ús en té, i potser l'element més evident és el canvi climàtic. Estem compromesos amb aquest repte global i, encara que Andorra pesi percentualment molt poc pel que fa a les conseqüències que pot tenir el canvi global, sí que hem de ser responsables i mostrar nosaltres també que estem compromesos en aquest canvi global. Així doncs, jo crec que de la jornada d'avui, més enllà dels projectes de recerca que ens ensenyarà, segur que en sortirem amb idees molt bones. També ha de servir per fer un pas més en aquest compromís com a país, per tenir un altre model energètic, un altre model de societat més sostenible.

Gràcies a tots.

Presentació



Marta Fonolleda i Riberaygua
Coordinadora dels 12ns Debats de recerca

Molt llustre ministre, directora, presidenta, experts, investigadors, senyores, senyors, companys.

La 12a edició dels debats de recerca gira al voltant de l'energia i els recursos naturals. Aquest és un tema de gran rellevància ja que constitueix la base sobre la qual se sustenta el desenvolupament de les nostres societats i ens interpel·la sobre la sostenibilitat del nostre model de vida.

La recerca sobre energia i recursos naturals ens proporciona dades sobre l'estat de les fonts energètiques i de recursos, sobre tècniques i tecnologies per al seu tractament, sobre usos, aplicacions, eficiència, etc. Aquestes dades són molt valuoses no només per anticipar-nos a escenaris futurs, sinó també per treballar sobre la situació present.

Com cada any, al voltant d'aquest tema, hem convidat a persones investigadores i expertes, així com a les principals institucions de recerca del país i a una empresa de projectes energètics. Totes les aportacions estan contextualitzades a Andorra o aporten reflexions rellevants per al nostre context. Ens oferiran conferència plenària, sis ponències curtes, espais de debat entre ponents i assistents i una taula rodona.

La conferència plenària a càrrec del Dr. Jordi Llorca i Piqué ens situa al tema d'aquest any amb una pregunta molt suggeridora: La transició energètica del s. XXI: Podrem escollir?

Les ponències curtes focalitzen en temes concrets relacionats amb la recerca o la seva aplicació, i van a càrrec del Sr. Albert Moles i Betriu, la Dra. M. Jesús Lluelles i Larrosa, el Dr. Ramon Copons i Llorens, el Dr. Xavier Fonoll i Almansa, el Sr. Guillem Francisco i Giné, el Sr. Bruno Bartolomé i Levos i el Dr. Marc Pons i Pons.

Aquest any hem incorporat una taula rodona per discutir sobre projectes de gestió i aplicació que s'estan desenvolupant actualment. Hi participen: el Sr. Jordi Brescó i Ruiz, el Dr. Xavier Gómez i Vargas i el Sr. Carles Miquel i Garcia.

Finalment, agraïm la col·laboració de MoraBanc i la participació de tots els ponents i el públic que ens acompanya.

Bon debat a tothom!



Jordi Llorca i Piqué

Catedràtic del departament
d'Enginyeria Química i
l'Institut de Tècniques
Energètiques de la
Universitat Politècnica de
Catalunya

L'esgotament progressiu de les fonts d'energia convencionals basades en els combustibles fòssils i l'impacte negatiu del seu ús en el medi ambient fan necessària una transició energètica cap a energies renovables. La necessitat de canviar el model energètic és urgent i tindrà lloc, sens dubte, en el segle XXI. Ara bé, són suficients les energies renovables per satisfer el nostre consum actual? De què depèn que ho puguem fer? Com canviarà les nostres vides? La resposta a aquestes preguntes depèn de les fonts d'energia que tinguem a l'abast i de l'ús que en fem, així com de la capacitat de gestionar l'energia i d'emmagatzemar-la de manera eficient.

Fonts d'energia i vectors energètics

L'energia es defineix com la capacitat d'exercir un treball. Qualsevol transformació implica realitzar un treball i, per tant, utilitzar energia. A l'antigor es feia servir la biomassa (essencialment fusta) per escalfar les llars i cuinar. Era energia tèrmica. Més endavant, amb la revolució industrial del segle XIX, es varen començar a fer màquines que utilitzaven carbó, que té una capacitat calorífica molt més elevada que la fusta, i més tard, petroli, gas natural i urani. A més de l'energia tèrmica, aquests nous combustibles també es van fer servir en ginys de combustió per obtenir energia mecànica i, a partir d'aquesta energia, també energia elèctrica (com és ben sabut, l'energia no es crea, no es destrueix, només es transforma). En gairebé dos segles hem après a manipular l'energia i a desenvolupar tecnologia per gestionar-la i transformar-la, cosa que ha estat cabdal per al progrés i la millora del benestar. Per posar un exemple, a l'antigor l'energia mecànica la proporcionaven els animals i els esclaus. Un esclau era capaç d'exercir una potència d'uns 100 W. Doncs bé, amb només 1 litre de gasolina es pot obtenir avui l'energia que proporcionaven quatre esclaus durant quatre dies! No ens n'adonem però som uns grans consumidors d'energia. Però el problema, és clar, és que les fonts d'energia que fem



Jordi Llorca i Piqué

La transició energètica del segle XXI: podrem escollir?

Jordi Llorca i Piqué és doctor en química per la Universitat de Barcelona i Catedràtic del Departament d'Enginyeria Química i de l'Institut de Tècniques Energètiques a la Universitat Politècnica de Catalunya, en el que dirigeix el Centre de Recerca en Ciència i Enginyeria Multiescala de Barcelona. Ha estat guardonat amb la Distinció de la Generalitat de Catalunya per a la Promoció de la Recerca i dos cops amb el premi ICREA Acadèmia. És membre numerari de l'Institut d'Estudis Catalans i és autor de deu patents i més de tres-cents articles en revistes científiques internacionals. La seva recerca se centra en l'estudi i desenvolupament de catalitzadors per aplicacions energètiques i mediambientals.

servir són, la gran majoria, finites. Fins fa poques dècades, la Terra proporcionava recursos suficients per sostenir una activitat humana en expansió, tant en la intensitat del seu ús com en les capacitats per metabolitzar els residus o pel nombre de persones que en gaudien, o sigui, la població. En determinats moments històrics hi ha hagut exhauriments locals que han obligat a abandonar certes activitats o determinats territoris o que han produït extincions parcials, però ara ja es perceben els primers límits globals. Els indicadors més característics d'aquesta nova situació són, per una banda, l'escassetat relativa dels combustibles fòssils (de forma especial, els petrolis convencionals) i, per l'altra, el canvi climàtic d'origen antropogènic, avui dia ja acceptat de forma general. A la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) s'ha publicat recentment (octubre 2017) el document "Claus per a un nou paradigma energètic" [1]. En aquest treball, elaborat entre el 2014 i el 2017, es fa una anàlisi detallada de la situació energètica actual, els límits del model fòssil, el canvi de paradigma i la necessitat d'un nou model energètic.

La civilització basada en l'energia fàcil i abundant de fonts no renovables està tocant a la seva fi per dos raons: en primer lloc, perquè són recursos finits i, al ritme de consum actual, és possible que les seves reserves s'exhaureixin en unes quantes dècades; i, en segon lloc, perquè els gasos que resulten de la crema dels combustibles fòssils produeixen alteracions de l'atmosfera que condueixen a un canvi climàtic de greus conseqüències i difícilment reversible a escala humana de temps. L'alternativa són les energies de fonts renovables, principalment l'energia per biomassa i la hidràulica, eòlica, termosolar, fotovoltaica, fotoquímica, marina i geotèrmica. Si bé les energies renovables són més que suficients per cobrir totes les necessitats humanes actuals i futures, la dificultat de la transició des del sistema energètic actual (fòssil i nuclear) al nou sistema energètic renovable és adaptar la nostra civilització, que ara disposa d'uns recursos d'estoc (concentrats i disponibles mentre n'hi hagi), a uns recursos de flux (distribuïts, intermitents i poc intensius) que requereixen grans superfícies de captació, nous sistemes d'emmagatzematge i també noves formes de gestió per regular l'ús de l'energia en el temps [1]. La fi anunciada dels recursos no renovables no es resoldrà amb un simple canvi de tecnologies, sinó que a causa de la seva diferent naturalesa difícilment es podrà resoldre de

forma satisfactòria sense també un canvi dels comportaments socials i de les formes d'organització política i econòmica. Cal un canvi de model que passi de donar valor als estocs finits (en què és clau l'ús intensiu de l'energia de fonts d'origen fòssil) a un model sostenible que gestioni fluxos que no siguin finits. Finalment, també cal optimitzar l'ús de l'energia amb tecnologies més eficients (no hi ha transformacions energètiques 100% eficients, és a dir, no tota l'energia s'aprofita). I també cal treballar amb vectors energètics eficients i que permetin emmagatzemar millor l'energia (figura 1). Avui en dia el vector energètic més emprat és l'electricitat; els vectors energètics són el camí des de les fonts d'energia fins al seu ús final, com per exemple l'electricitat a les llars. Però l'electricitat és difícil d'emmagatzemar (les bateries es descarreguen amb el temps) i cal desenvolupar altres vectors com l'hidrogen, que en ser un compost químic es pot emmagatzemar per temps indefinit (figura 2). La tecnologia de la producció, manipulació, emmagatzematge i ús de l'hidrogen en cel·les de combustible ja és una realitat [2].

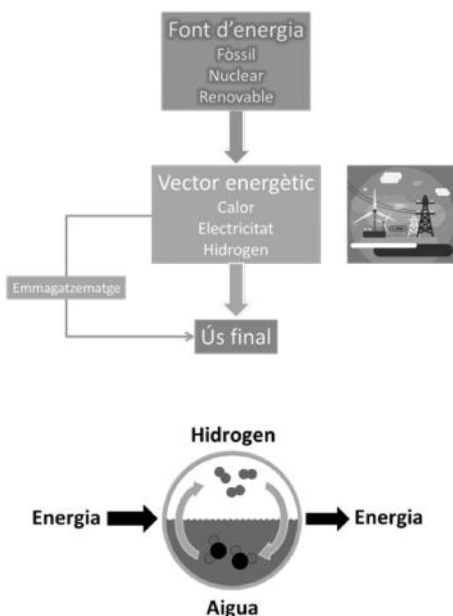


Figura 1. Els vectors energètics permeten la gestió de l'energia des de les fonts d'energia (com el carbó, el petroli, el gas natural, l'urani i les energies renovables) fins als usos finals. Un bon vector energètic, a més, és el que permet un emmagatzematge d'energia efectiu

Figura 2. L'hidrogen és un vector energètic molt poderós perquè es pot obtenir a partir de l'aigua amb fonts d'energia renovables (electròlisi a partir d'energia eòlica o fotovoltaica, per exemple). El binomi electricitat-hidrogen és interessant perquè permet emmagatzemar energia de manera eficient i optimitzar l'ús d'energia renovable intermitent. L'hidrogen es pot combinar amb l'oxigen de l'aire en una cel·la de combustible per originar electricitat i energia tèrmica de manera molt eficient

Dades per pensar

Per pensar alternatives al sistema energètic actual convé saber d'on surt i com s'usa l'energia en els diferents sectors d'activitat. Els balanços energètics de l'Agència Internacional de l'Energia publicats el 2017 [3] i les dades de l'Institut d'Estadística de Catalunya del 2017 [4] indiquen que l'energia primària usada el 2014 en el món és d'uns 148.000 TWh (uns 20.000 kWh per habitant i any). Aproximadament el 85% d'aquesta energia correspon a fonts no renovables, és a dir, combustibles fòssils que emeten uns 32.000 milions de tones de CO₂ (unes 4,5 tones per habitant i any) i urani, i el 15% restant correspon a fonts renovables (hidroelèctrica, biomassa, eòlica i altres renovables). Un cop transformada en energia final (combustibles comercials i electricitat), l'energia primària es redueix a uns 100.000 TWh (uns 13.800 kWh per habitant i any) i perd el 32,5% del seu potencial inicial. Els països de l'OCDE, amb el 17,5% de la població mundial, produeixen aproximadament el 30% de l'energia primària, n'usen el 40% (46.000 kWh per habitant i any) i generen el 37% dels gasos d'efecte d'hivernacle (9 tones de CO₂ per habitant i any). En contrast, els països no OCDE, amb el 82,5% de la població, produeixen aproximadament el 70% de l'energia primària, n'usen el 60% (15.000 kWh per habitant i any, unes tres vegades menys que els països de l'OCDE) i emeten el 63% dels gasos d'efecte d'hivernacle (3 tones de CO₂ per habitant i any, també unes tres vegades menys que els països de l'OCDE). A Europa, aquestes xifres són altes però inferiors a les del conjunt dels països de l'OCDE (35.000 kWh per habitant i any i 6 tones de CO₂ per habitant i any), lleugerament per sobre de les de Catalunya.

En el repartiment dels usos d'energia final entre els sectors d'activitat, el més destacat en el món és la indústria (33%), seguit de molt a prop del transport (31%) i, a certa distància, pel sector residencial (25%); molt més lluny queden els serveis (9%) i, en valors quasi testimonials, els sectors primaris (agricultura i pesca, 2%). Aquest repartiment presenta diferències acusades entre els diferents àmbits territorials; en els països de l'OCDE destaquen els usos en transport (40%), seguits a distància dels industrials (24%) i residencials (20%), i els dels serveis són significatius (14%); en canvi, en els països no OCDE destaquen els industrials (38%), seguits dels residencials (24%) i el transport (24%), mentre que els dels

serveis són molt inferiors (5%). La distribució dels usos energètics a Europa és semblant a la de l'OCDE, amb el predomini del transport, però en canvi Catalunya usa aproximadament el 50% de l'energia en el transport i el 13% en el sector residencial.

Necessitat d'un nou model energètic

Nombrosos estudis i propostes d'arreu del món avalen que les energies renovables són una alternativa i cada vegada hi ha més consens en el fet de plantejar una transició energètica vers el 100% d'energies renovables [5-7]. El camí per superar la crisi de recursos i alhora millorar el seu impacte sobre el medi ambient és, doncs, la transició energètica, és a dir, el procés de substituir progressivament les energies fòssils i nuclears, contaminants i no renovables per energies netes i renovables. Per exemple, el Sol irradia un flux constant d'uns 175.000 TW sobre la Terra (1.530.000.000 TWh per any), unes 10.000 vegades superior a l'energia de l'actual sistema energètic. Però una cosa és la potència de l'energia del Sol i l'altra és la que es pot utilitzar de manera efectiva en una unitat de temps determinada. A Catalunya i Andorra hi ha grans possibilitats amb l'energia solar, que s'ha d'utilitzar si es vol fer la transició energètica.

Si bé la transició cap a un nou model energètic és necessària a escala global, molt més ho és a Europa, que el 2014 va importar el 72% dels combustibles fòssils que va consumir, amb un cost avaluat d'uns 450.000 milions d'euros. Espanya importa gairebé el 98% dels combustibles fòssils, amb un cost d'uns 50.000 milions d'euros, i Catalunya importa tots els fòssils amb un cost d'uns 8.000 milions d'euros. Segons les dades de l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra [8] i el Llibre blanc de l'energia d'Andorra [9], la situació energètica d'Andorra també es caracteritza per una dependència gairebé total de l'exterior (aproximadament el 96%) i una alta supeditació als combustibles fòssils; tan sols un 15% de la demanda d'energia elèctrica es genera de forma autòctona, gairebé íntegrament a partir d'energia hidroelèctrica (el 43% de l'energia consumida a Andorra és energia elèctrica). Ara bé, cobrint al voltant de l'1% del territori amb panells fotovoltaics es podria satisfer el consum elèctric actual d'Andorra (uns 600 GWh a l'any).

Cal tenir en compte, però, que si bé la transició energètica

Bibliografia

- [1] <https://www.upc.edu/ca/sala-de-premsa/noticies/la-upc-proposa-claus-per-avancar-cap-a-un-nou-model-energetic>
- [2] Llorca, J. *El Hidrògeno y nuestro futuro energético*. Edicions UPC, 2010. ISBN 9788498804188.
- [3] Statistics. World: Balances for. 2014, de l'Agència Internacional de l'Energia. <https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=WORLD&product=balance&year=2014> [4] Consum d'energia, Idescat (Institut d'Estadística de Catalunya). <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=501>
- [5] Climate-friendly, reliable, affordable: 100% renewable electricity supply by 2050, Statement No 15 (ISSN 1612-2968), 2010; SRU, German Advisory Council on the Environment. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/EN/04_Statements/2010_05_Statement15_Renewablesby2050.pdf%3F__blob=publicationFile
- [6] White Paper on the ambition of: A future low carbon Dutch Power System Considerations on the Dutch Power System towards 2050, based on 100 % renewable energy sources, including a proposal, Kivi, Engineering Society, 2014. https://www.kivi.nl/media/Techniekpromotie/Thema_SKIVINIRIA/Energie/White_Paper_Power_2050.pdf
- [7] Transition Towards a Low Carbon Energy System by 2050: What Role for the EU? Institucions Coordinadores: European University Institute, Robert Schuman Centre for Advanced Studies, Florence School of Regulations, 2011. <http://www.eui.eu/Projects/THINK/Documents/THINK2050Report.pdf>
- [8] <http://www.obsa.ad>

vers el 100% de fonts renovables és possible i molt favorable en una perspectiva de futur, cal un gran esforç col·lectiu de canvi de mentalitat i de formes de procedir i, alhora, una gran transformació dels sistemes tècnics, de gestió i de governança de les societats actuals. El baix cost, la comoditat i els patrons de comportament que les energies fòssils han proporcionat a la ciutadania, així com les resistències dels actors energètics a perdre els seus privilegis, seran dificultats que caldrà vèncer. George Russell ja ho va anunciar: "La quantitat de persones que poden viure al mateix temps damunt la Terra i quant i quan plenament poden viure són coses que depenen de la seva aptitud per controlar l'energia" [11]. Un corrent de pensament que també agafa força és el que es coneix com a *model de decreixement*, iniciat pel matemàtic Nicolae Georgescu (1906-1994) i impulsat per l'economista Serge Latouche (1940-). La idea del decreixement és una conseqüència del fet que no és possible el creixement econòmic continu en un planeta limitat. Com que ja som a prop de superar molts dels límits ambientals possibles, hi ha qui pensa que l'única estratègia que sembla viable a mitjà i llarg termini és el decreixement. El decreixement no és un concepte en negatiu, sinó que, en paraules de Latouche, seria com "quan un riu es desborda i tots desitgem que *decreixi* perquè les aigües tornin a la normalitat". No és una cosa negativa, sinó necessària. El corrent ideològic del decreixement té com a objectiu fer que la gent tingui ganes de canviar la manera de viure i d'utilitzar els recursos. Per als seus partidaris, el decreixement serà, tard o d'hora, imposat per la reducció dels recursos naturals. Per tant, proposen anticipar-se a la situació de manera voluntària per pal·liar els efectes negatius que això comportarà per a la qualitat de vida de tothom.

Una característica del model energètic actual i, per extensió, del model econòmic dominant és l'enorme distància que hi ha entre producció i consum [1]. El 2014 la població urbana mundial era el 54% del total, el 73% a Europa [10]. A escala global les ciutats acumulen el 70% de les emissions i consumeixen el 75% dels recursos. Aquest nou horitzó urbà implica desafiaments de desenvolupament, governança i sostenibilitat molt grans i variats (figura 3). Avui dia, tant el sistema energètic com la planificació urbana i territorial responen a un model econòmic global basat en estocs, dividit

en zones separades de producció i de consum connectades per infraestructures de transport que usa grans quantitats de combustibles fòssils. Una gran part del consum d'energia té a veure amb aquesta organització. Històricament, la implantació de les activitats en el territori (fluxos d'energia, aigua, béns, aliments i tractament de residus) i la necessitat de creixement econòmic han justificat la irreversibilitat del consum de combustibles fòssils amb les consegüents emissions. El coneixement sobre els actuals sistemes d'energia renovable permet fer una previsió de la superfície que caldrà dedicar-hi, però el seu impacte i la implantació depenen del model adoptat. Si es manté la producció concentrada en uns pocs llocs, l'impacte territorial esdevé enorme i no hi estem preparats [1]. En canvi, si l'energia és captada de manera contínua i propera a tot el territori, els impactes són més distribuïts i favorables a una implantació gradual. És el que es coneix com a *generació distribuïda d'energia*.

Fa temps que hi ha indicis que transitem per un canvi d'època, tant pels límits del sistema natural que ens sosté (recursos, energia, biodiversitat, impactes ambientals, canvi climàtic) com per les oportunitats dels desenvolupaments tecnològics sorgits en les darreres dècades. Hi ha un món nou que pugna per emergir i també un món vell que tem el canvi [1]. En aquest sentit, el 2007 la Unió Europea va establir un conjunt de mesures (també conegudes com a Estratègia 20-20-20) amb tres objectius bàsics sobre el clima i l'energia per al 2020: (i) reduir un 20% les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle en relació amb els nivells del 1990, (ii) augmentar fins a un 20% les energies renovables en la combinació energètica i (iii) millorar l'eficiència energètica en un 20%. El 30 de novembre del 2016, la Comissió Europea va aprovar l'anomenat *paquet d'hivern* [12], que, sota el lema "Energia neta per a tots els europeus: desbloquejar el potencial de creixement d'Europa", establia noves fites per al 2030: (i) reduir (com a mínim) un 40% les emissions respecte al 1990, (ii) elevar les energies renovables per damunt del 27% i (iii) millorar en un 30% l'eficiència energètica. Un dels aspectes més encoratjadors és que es presenta en un mateix paquet legislatiu interrelacionat els objectius d'eficiència energètica, de foment de les energies renovables i de reducció de les emissions de CO₂. A Catalunya s'ha signat recentment (gener del 2017) el Pacte nacional per a la transició energètica a Catalunya [13], nascut arran de la

[9] https://www.mediambient.ad/images/stories/energia/documents/LlibreBlanc_2012.pdf

[10] World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.

<https://esa.un.org/unpd/wup/>

[11] Russell, G. *The Conquest of Energy*. William Morrow ed., 1968. ISBN 9780688013554.

[12] Energia neta per a tots els europeus: desbloquejar el potencial de creixement d'Europa, Comissió Europea, Brussel·les, 30 de novembre del 2016.

http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-4009_es.htm

[13] Pacte nacional per a la transició energètica de Catalunya, Institut Català d'Energia. http://icaen.gencat.cat/ca/plans_programes/transicio_energetica

Figura 3. Seran capaços els *líders mundials* de canviar el rumb del nostre sistema energètic actual i el seu impacte sobre el medi ambient? Amb les energies renovables potser sí... Com bé va dir Steven Chu, premi Nobel de física el 1997, "l'edat de pedra no es va acabar perquè s'acabessin les pedres, sinó perquè es van trobar millors solucions; ara tenim l'oportunitat de fer el mateix amb l'energia"

necessitat de generar un diàleg entre totes les forces polítiques i els representants de la societat civil per consensuar un nou model energètic català basat en energies renovables, net, descentralitzat, democràtic i sostenible, en línia amb els objectius de la Unió Europea en matèria d'energia.





Albert Moles i Betriu

Enginyer a l'Institut
National des Sciences
Appliquées de Lyon i
director general de Forces
Elèctriques d'Andorra
(FEDA)

La concentració de CO₂ a l'atmosfera ha arribat el 2018 a un nou màxim històric. Aquest any la concentració s'ha situat en 410 ppm, i és que cada any es registra un nou valor rècord. Continuem fent créixer aquest indicador, i el que és més preocupant és que es manté la tendència a l'alça malgrat que ja fa molts anys que es reconeix unànimement aquest augment i l'efecte que té i tindrà en l'escalfament del planeta. Venim de valors de concentració de CO₂ de menys de 300 ppm a l'inici del segle xx i existeix consens científic en el fet que quan aquesta concentració arribi a 450 ppm la temperatura mitjana del planeta arribarà a ser 2 graus superior a la de l'inici de l'era industrial, fet que causarà canvis irreversibles en la manera de viure de tots nosaltres.

Aquest increment del CO₂ atmosfèric es deu a les emissions de l'activitat humana al planeta i al desequilibri entre aquestes emissions i la capacitat del planeta d'absorbir-les en plantes i oceans. Aquest desequilibri se situa avui dia en 37 Gt de CO₂ a l'any, i s'ha doblat en les quatre darreres dècades.

Les projeccions fetes pels grups d'experts de l'IPCC (Grup Intergovernamental pel Canvi Climàtic) conclouen que cal reduir a 0 les emissions de CO₂ que se situen per sobre de la capacitat d'absorció que té la Terra (*climate neutral*). A més, fixen l'any 2035 com a límit per haver-les reduït a pràcticament a la meitat. Aquesta és la manera de garantir que la concentració de CO₂ a l'atmosfera no superi els 450 ppm i així aconseguir evitar un escalfament del planeta superior a 2 graus.

Tenint presents aquestes consideracions, mirem ara quina és la situació d'Andorra pel que fa a emissions de CO₂. Les emissions totals d'aquest darrer any han estat de 550.000 tones de CO₂. Aquestes emissions provenen del gasoil de locomoció (255 kt), del gasoil de calefacció (136 kt), de la gasolina (57 kt) i de l'electricitat (103 kt, considerant les emissions emeses en els països on es produeix l'energia que importem). D'aquest valor de 550 kt cal restar la capacitat



Albert Moles i Betriu

La transició energètica a Andorra

local d'absorció, que és de 130 kt, per arribar a unes emissions netes de 420 kt de CO₂ l'any. Per tant, encara que la nostra contribució global a l'escalfament mundial sigui molt petita, el nostre escenari és el mateix que el de la majoria de països, ja que el CO₂ que emetem supera el que Andorra pot absorbir. Així doncs, l'objectiu primer és reduir al 37% les emissions de CO₂ per a l'any 2030 (Litecc) i assolir la neutralitat l'any 2050. Si ens centrem en la producció elèctrica nacional, cal tenir en compte que no genera emissions de CO₂, ja que gairebé la totalitat de l'energia elèctrica es produeix a la central hidroelèctrica de FEDA i la resta prové de fonts d'energia neta, com la cogeneració o la producció fotovoltaica, principalment.

Així doncs, la totalitat de les emissions produïdes per l'electricitat es genera fora d'Andorra, en el lloc de producció de l'energia que importem d'Espanya i França.

Però això no vol dir que no hàgim d'actuar sobre aquestes emissions. En som responsables perquè consumim electricitat, i per això hem d'entendre i analitzar tant les fonts de producció de la nostra energia com la seva destinació i ús final.

Per actuar sobre l'origen de l'energia, cal que se substitueixin les fonts d'energia fòssil per fonts renovables, ja sigui amb produccions locals a Andorra o mitjançant la compra d'energia neta.

Pel que fa a l'ús que donem a l'energia que consumim, a Andorra la demanda d'energia es destina gairebé a parts iguals al transport i a la resta (llars i activitat econòmica).

Quant al transport, estem parlant exclusivament de combustibles derivats del petroli. Un 40% està dedicat a viatges particulars (transport local de béns i transport públic), i la resta, el 60%, s'utilitza per a turismes i per a transport internacional.

Pel que fa a la resta de la demanda, més o menys la meitat es destina a llars i oficines i l'altra meitat a sectors econòmics i industrials, entre altres els serveis turístics, el comerç, la indústria i l'esquí.

Una altra manera d'analitzar aquesta demanda és identificant que el 80% depèn del disseny dels edificis, ja siguin els que estan destinats a llars o els del sector turístic, hotels i oficines. El 20% només es dedica a usos més específics, com ara indústria, esquí i comerç.

Un cop feta aquesta breu anàlisi, cal plantejar l'impacte de diferents accions que es poden dur a terme per reduir les emissions de CO₂ i fins i tot anar més enllà amb accions que cal preveure per ajudar el país a afrontar els canvis en el sector energètic.

L'electricitat és l'energia que pot desenvolupar més ràpidament una adaptació cap a energies renovables. És per això que Europa preveu que el pes de l'energia elèctrica en el consum total es dobli els propers 40 anys.

També cal tenir en compte un increment, en el futur, de la volatilitat en el preu de l'energia degut a desequilibris que s'aniran incrementant en introduir més producció renovable.

En el nostre entorn també es preveu un creixement de la mobilitat elèctrica; en tots els casos cal adaptar la xarxa d'Andorra per rebre els visitants.

Les accions que es treballen i analitzen per als anys vinents responen al que s'ha comentat anteriorment i es classifiquen en els sis apartats següents:

- Electrificació de l'economia.
- Digitalització.
- Descarbonització de l'electricitat.
- Producció descentralitzada.
- Eficiència energètica.
- Mobilitat.

Algunes de les accions identificades són complementàries i difícilment es pot parlar d'una solució única al repte que tenim davant de reducció de les emissions de CO₂.

Electrificació de l'economia

L'electrificació de l'economia ja ha estat una realitat aquests darrers anys, i s'anirà incrementant per reduir la dependència dels combustibles fòssils.

En aquest sentit cal augmentar l'ús de l'energia elèctrica per a la mobilitat i preparar Andorra per als vehicles elèctrics dels turistes, que de manera progressiva aniran creixent els anys vinents.

L'increment de l'energia elèctrica per a la climatització també serà cada cop més una realitat. Cal, però, gestionar-ne el creixement per evitar sobreinversions en xarxes i costos cars de l'energia en el futur.

Digitalització

La digitalització de les xarxes elèctriques, dels punts de consum i els punts de producció serà clau per gestionar el canvi cap a la descarbonització de l'energia. Permetrà l'optimització i gestió eficient de contingències, que si no es fa de manera adequada repercutirà en un encariment i volatilitat del preu de l'energia per al client. El coneixement de la informació de la totalitat de la cadena de subministrament és necessari per optimitzar i controlar els costos futurs. En aquest aspecte cal invertir en:

- Comptadors intel·ligents per permetre optimitzar el cost de l'energia per als clients.
- Serveis de control de l'energia a casa dels clients per poder actuar sota demanda en cas de variació forta dels preus.
- Objectes connectats que aportaran molta informació per a un funcionament òptim del sistema.
- Xarxes intel·ligents i més resilients.

Descarbonització de l'electricitat i producció descentralitzada

Es necessita assegurar, aquests vint anys vinents, que totes les inversions i reinversions fetes a Andorra siguin de fonts eficients o renovables. Seran centrals de producció petites o grans repartides en tot el territori.

- Centrals de producció renovables: hidroelèctrica, fotovoltaica, eòlica.
- Xarxes de calor i cogeneració.
- Aprofitament d'energia fatal.
- Desenvolupament de la biomassa.
- Implantació de capacitats d'emmagatzematge.

La producció descentralitzada, és a dir, centrals de petita potència distribuïdes en el territori i prop dels habitatges i dels punts de consum.

Eficiència energètica

En un entorn on l'energia serà cada cop més fluctuant, caldrà tenir molt en compte l'eficiència energètica apostant per:

- Edificacions amb un consum quasi nul.
- Mesures i coneixement del consum.

Mobilitat

La mobilitat, que com hem vist és el principal factor d'emissions de CO₂ a Andorra i que també ho és a escala mundial, necessita un canvi molt important.

Avui en dia cal iniciar accions per reduir l'impacte de la mobilitat en el canvi climàtic. Serà un primer pas d'un camí difícil i incert. En un futur sortiran segurament altres maneres d'abordar el problema, com ara l'hidrogen i un canvi en models de transport, que de ben segur canviaran la manera en què es mouen persones i mercaderies a través del món.

- Facilitar la mobilitat elèctrica.
- Impulsar el transport públic.
- Connectar el vehicle elèctric a les cases.

En conclusió, hem constatat que els sistemes elèctrics globals estan experimentant la transformació més profunda des de la inauguració de Pearl Street Station el 1882, la primera central elèctrica comercial del món, per Thomas Edison.

L'amenaça del canvi climàtic i la constatació mundial de la necessitat de transformar el sector energètic per frenar-lo ens ajuden a avançar en la línia de **la descarbonització de l'electricitat** i han estimulat els esforços per **electrificar la indústria i el transport**. I, a més, els **recursos energètics distribuïts** i les **tecnologies digitals** han arribat per ajudar-nos en aquest camí.

A Andorra tenim clar que hem d'apostar per aquesta transformació. Coneixem els nombrosos àmbits en què hem d'actuar i treballarem per reduir les nostres emissions i acomplir així el nostre compromís global amb el medi ambient.



M. Jesús Lluelles i Larrosa

Doctora en Geografia per la Universidad de Zaragoza i professora col·laboradora de la Universitat d'Andorra



M. Jesús Lluelles i Larrosa

Els impactes de FHASA

Notes

- 1- La figura de Miquel Mateu ha estat molt controvertida pel seu paper durant el franquisme, segons la historiografia recent.
- 2- ANA/Llibre d'actes del Consell General, 26 i 27.03.1929, f. 266 i seg.
- 3- ANA/Llibre d'actes del Consell General, 13.05.1929, f. 267 i seg.
- 4- La Vanguardia, 24.06.1933.

Resum

La manca de cabals públics durant la dècada dels anys trenta del segle xx va obligar el Consell General a obrir el país al capital estranger a canvi d'hipotecar un recurs natural com era el potencial de l'aigua dels rius, amb la finalitat de produir energia hidroelèctrica a gran escala per ser exportada a l'àrea industrial de Barcelona. El sector tèxtil català necessitava l'energia hidroelèctrica procedent del Pirineu, on s'estaven bastint centrals; Andorra, des d'aquesta perspectiva, era un punt més de producció.

Els impactes sobre el país, derivats de la construcció d'una central hidroelèctrica i la modernització de la xarxa viària, van ser de diferent ordre. Els més directes es van produir sobre el paisatge i van significar la primera gran transformació territorial d'un medi que no havia sofert més alteracions que les derivades d'una activitat agrícola i ramadera consubstancial a les característiques geogràfiques. Als impactes directes, derivats de les mateixes obres, cal afegir-hi els indirectes -alguns dels quals deixaran sentir els seus efectes més enllà del període constructiu-, i són els que incidiran sobre la demografia, l'economia, la societat i l'ordre públic. És evident que amb FHASA es creen les condicions que influiran, juntament amb altres circumstàncies històriques, en la posterior transformació econòmica i social d'un territori de muntanya que, l'any 1929, estava immers en un procés de decadència econòmica. Cal destacar que la interacció entre el Consell General i la societat concessionària va estar marcada per episodis de tensió per qüestions com el preu de la llum i l'incompliment d'algunes clàusules contractuals per part de la societat. No obstant això, tant el país com FHASA van obtenir un benefici mutu. Finalment, l'any 1988, Andorra adquireix el patrimoni de FHASA i crea l'empresa parapública FEDA, que assumeix la continuïtat de les activitats d'aquella societat que es va crear el 1930.

Paraules clau: impacte, paisatge, emigració, immigració, energia elèctrica, carreteres, vagues, ordre públic.

Introducció

Aquest article és el resultat de la conferència impartida en el marc dels Debats de recerca, sota l'epígraf "Energia i recursos naturals: treballant pel futur", organitzats pel Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior i la SAC. S'analitzen les mutacions que es van produir a escala humana i econòmica derivades de la construcció d'una central hidroelèctrica, bastida a la dècada dels anys trenta en territori andorrà, que tenia per finalitat produir energia elèctrica a gran escala destinada a l'àrea industrial de Barcelona. La presentació va estar acompanyada d'un seguit d'imatges, proporcionades per l'Arxiu Nacional d'Andorra (ANA) i que ens endinsen en una realitat que, malgrat quedar lluny en el temps, permet entendre l'Andorra actual. Qui vulgui aprofundir en aquest capítol de la història pot fer un recorregut per les exposicions fotogràfiques de l'ANA, que compta amb uns fons imprescindibles per a l'estudi històric, consultables en els arxius en línia.

Durant les primeres dècades del segle xx, l'economia andorrana, amb una capacitat de creixement gairebé nul·la, no generava el capital necessari per afrontar les necessitats que marcava el nou segle; les infraestructures eren gairebé inexistents per manca d'inversió, com corresponia a una economia de trets rurals. Davant la manca de recursos propis, el Consell General va veure en les concessions el mitjà per aconseguir el capital necessari per bastir les infraestructures imprescindibles per modernitzar el país i capgirar una economia en recessió. La millora de les comunicacions i la creació dels equipaments que exigien els nous temps esdevenen l'objectiu polític prioritari que marca aquest període i els subsegüents.

Les concessions relatives als recursos hidràulics i del subsòl s'oferien com la contrapartida per aconseguir electrificar tot el territori i modernitzar la xarxa viària. A diferència del que succeïa al segle xix, en què les peticions tenien per objectiu bastir casinos i balnearis, amb el canvi de segle els centres d'interès dels inversors canvien i persegueixen explotar els recursos naturals. És tal l'allau de demandes en aquest sentit que, l'any 1916, el Consell General crea una comissió sota els auspicis del Copríncep episcopal per gestionar totes les qüestions relacionades amb l'explotació de salts d'aigua i recursos miners.

La manca de cabals públics va obligar a hipotecar un recurs natural com és l'aigua per produir l'energia elèctrica que l'àrea industrial de Barcelona demanava. És l'època en què es basteixen centrals per tot el Pirineu i Andorra està en el punt de mira de les necessitats de la indústria catalana.

La concessió sobre els recursos hidràulics nacionals va ser atorgada pel Consell General, el 27 de març de 1929, després d'altres intents fallits. La corporació remarcava la crisi de treball que patia el país i feia saber als coprínecs la necessitat de ratificar amb la màxima urgència el contracte de concessió. La petició es fonamentava en la depauperada situació econòmica i social, que obligava a emigrar una part de la població, i també al fet que la concessió no es podia plasmar en obres concretes fins que no fos aprovada pels coprínecs. La van confirmar el mateix any: el Copríncep francès ho va fer el 22 d'agost i el Copríncep episcopal el 5 de setembre.

Els coprínecs, quan ratifiquen la concessió de FHSA, esmenten les millores que el país podrà obtenir, tant pel que fa al desenvolupament del comerç interior com a les relacions amb l'exterior. Destaquen que el cànon que pagaran els concessionaris de les forces elèctriques permetrà la realització d'obres socials, com hospitals i cases de beneficència. Atribueixen el fracàs de les concessions hidroelèctriques anteriors a la manca de vies de comunicació modernes, fet que afegia dificultats a l'explotació de l'enorme potencial que oferia el país, i la societat explotadora estava disposada a dur-les a terme. Aquesta concessió, que compta amb l'aprovació del Consell General, condicionarà en bona mesura el desenvolupament futur del país (Lluelles, 2004, p. 49 i seg.). Aquesta important concessió del segle xx obre el país a la inversió estrangera en un sector estratègic com l'energètic i, com es veu en el decurs de l'exposició, aquest procés tindrà diversos impactes sobre el territori. Els més visibles són els que es produeixen a escala paisatgística, però no s'han d'obviar els socials i els econòmics, que van tenir la capacitat de crear les bases del canvi.

Producció d'energia a petita escala

Des de principi del segle xx, abans de la irrupció de FHSA, l'energia elèctrica resultava desconeguda en molts punts del territori andorrà, tot i que en alguns pobles es disposava de llum gràcies, entre altres, a la central de les Anelles situada

a Andorra la Vella, però la producció es destinava únicament al consum nacional. Alguns generadors de corrent continu, acoblats a molins fariners o serradores, donaven a Sant Julià de Lòria i a Encamp un servei nocturn, mentre que Soldeu disposava d'una petita central hidràulica que complia la mateixa funció. Fernando de los Ríos Urruti explica que l'enllumenat públic durant la segona dècada del segle xx era gratuït i propietat dels comuns que ho tenien com a clàusula de concessió (Ríos, de los, 1920, p. 114).

Es van crear diverses empreses distribuïdores repartides pel territori andorrà. A la capital, la societat Tabacalera Andorrana SA, constituïda l'any 1899, amb permís per explotar les aigües del riu Valira des de 1902, fa saber al Comú d'Andorra, el 24 d'octubre de 1909, que vol instal·lar màquines en el salt que posseeix al roc de les Anelletes d'Andorra la Vella, per generar energia suficient per donar llum a totes les parròquies (Vidal, 1974, p. 128). Poc després, amb l'explotació en marxa, Tabacalera Andorrana SA ven la secció elèctrica de l'empresa, que es constitueix en la societat Electricitat Andorrana SA.

D'altra banda, el Comú d'Ordino cedia, el 1920, noranta pals per instal·lar una línia elèctrica a la parròquia. La societat Nord Andorrà, a partir de 1921, aprofitarà els excedents de Tabacalera per donar llum a les localitats de la Massana i Ordino. Per donar electricitat a Encamp es va fundar la societat Unió Elèctrica d'Encamp, entre els anys 1921 i 1923. A Sant Julià es va crear la Mútua Elèctrica, que proveïa de llum una part de la vila. Totes les societats distribuïdores existents van quedar afectades amb la creació de FHASA, l'any 1930.

Joan Vehils, quan parla de l'electrificació del país abans de FHASA, explica que la centraleta de les Anelletes il·luminava a la nit la capital i Escaldes i, més tard, es va estendre fins a Encamp; també comenta que l'empresa Nord Andorrà SA distribuïa llum a la Massana i a Ordino; a la resta del país s'utilitzava acetilè, oli, teies o espelmes (Vehils, 1983, p. 22 i seg.). El consum nacional d'energia elèctrica de l'any 1929 no supera els 25.000 kWh i hi havia taxes establertes per a l'únic servei existent, que era el d'il·luminació (Creus, 1932, p. 3).

L'acord amb FHASA

Dos homes de negocis residents a París, el francès André Boussac i l'espanyol Llorenç Gómez-Quintero, president de la Cambra de Comerç d'Espanya a París, en representació d'un

grup hispanofrancès promogut pels patricis barcelonins Damià Mateu Bisa i Miquel Mateu Pla, pare i fill, respectivament, i el Banco Urquijo Catalán, presenten una demanda de concessió que és acceptada i aprovada pel Consell General el 27 de març de 1929. No obstant això, el principal promotor del projecte és Miquel Mateu Pla, personatge rellevant de la vida econòmica espanyola i l'andorrana.¹

El grup promotor ja havia negociat l'acceptació i el suport d'aquest important projecte amb els copríneps, fet que demostra la importància dels seus components i del mateix projecte. El consorci hispanofrancès, que aporta el capital necessari per a la creació de FHASA, reuneix, en opinió dels copríneps, les màximes garanties tècniques i financeres. Així ho reconeix l'autor Josep Maria Vidal i Guitart, que qualifica de poderós el grup presidit per Miquel Mateu.

El 27 de març de 1929 es firma, en presència dels cònsols i els notables de les Valls, un contracte de concessió referent a salts d'aigua, mines i publicitat a favor d'Andreu Boussac i Llorenç Gómez-Quintero. També es firmen els plecs de condicions sobre carreteres i forces hidràuliques que el prefecte de Perpinyà, delegat permanent en representació del Copríncep francès, havia lliurat al Consell el dia abans. El 28 d'abril s'amplia el període per construir les carreteres a tres anys i mig i es fixa un altre termini per elaborar l'inventari de les fàbriques elèctriques i els salts d'aigua. El mateix dia s'acorda redactar definitivament l'annex que va ser firmat pel Consell i els concessionaris el 27 de març, "fent-ne un document apart de lo referent al banc, com consta dels dos documents firmats amb fetxa d'avui".² La societat FHASA, com a tal, es constituïa el 5 de març de 1930, com a productora única d'energia elèctrica.

El contingut de la concessió es refereix a aspectes diversos com l'explotació de tres salts d'aigua, situats a Escaldes sobre el Valira d'Orient, a Arcavell sobre el Gran Valira i a Sispony sobre el Valira del Nord, per un període de 75 anys; també s'acorda l'explotació dels recursos minerals per un termini de deu anys i el monopoli de la publicitat mentre duri la concessió.³

S'estipulen contrapartides de diversa índole, com el pagament d'un cànon anual de valor progressiu: no es pagarà cap cànon fins a l'any 1934; 8.000 pessetes entre els anys 1935 i 1940;

13.000 pessetes fins a l'any 1945 i 25.000 pessetes fins que finalitzi la concessió. Es constitueix un dipòsit de 150.000 pessetes-or al Banco Urquijo Catalán, els interessos del qual –12.000 pessetes/any– s'ingressen a nom del Consell General. Andorra es reserva el 10% de la potència produïda a preus especials i obté el compromís de construcció de diversos trams de carretera i la reparació i rectificació d'altres trams. Per donar una idea de l'envergadura de totes les obres que la concessionària es compromet a portar a terme, cal fer constar que compta amb un pressupost de quaranta milions de pessetes.

El jurista francès P. Barbier afirmava que els andorrans més tradicionals havien assistit a la implantació de la concessionària amb una legítima inquietud (Barbier, 1938, p. 36). FHASA va incomplir alguns dels compromisos acordats en el contracte; així, dels tres salts projectats, construeix tan sols el de la central d'Escaldes. La concessionària al·lega que les circumstàncies polítiques i econòmiques no han permès construir els dos salts restants; argumenta que tant les vagues obreres que van tenir lloc el 1931 i el 1933 com la poca demanda d'energia, tant del costat espanyol com del francès, han impedit la construcció dels salts de Sispony i Arcavell. A més, el 1935, sorgeixen desavinences pel preu del subministrament d'energia elèctrica interior; el Consell interpreta que l'enllumenat públic de les parròquies ha d'anar a càrrec de la concessionària i fixa els preus del quilovat per a usos domèstics i industrials. Per la seva banda, FHASA es mostra disposada a acceptar la tarifa de preus, a canvi que el Consell accepti la supressió dels terminis de construcció acordats en el contracte de concessió. L'any 1936, els desacords entre les parts comporten que el Consell declari la nul·litat de la concessió, decisió contra la qual va recórrer la concessionària davant les delegacions permanents amb efectes suspensoris sobre la decisió de la corporació. A partir de 1941, la posició de FHASA es radicalitza i deixa de pagar el cànon, els interessos bancaris i els sous dels agents de policia. Les tensions entre la concessionària i el Consell General, que s'allarguen més de dos dècades, marquen bona part de la política institucional andorrana.

Impactes territorials: construcció de la central

FHASA va tenir la capacitat de trastornar un territori que havia captivat, entre altres visitants il·lustres, l'escriptora Isabelle Sandy, que havia descrit Andorra com un vestigi del passat quan la visita, per primera vegada, als anys vint del segle passat. En els seus primers viatges, l'autora destaca la magnificència del paisatge, en què el progrés encara no ha fet acte de presència. La concessió marca un abans i un després en la història d'Andorra, ja que instaura les bases de la transformació social i econòmica que experimentarà el territori a partir de la segona meitat del segle xx (Lluelles, Garcia, 2018, p. 45 i seg.).

Sens dubte, els impactes més espectaculars van ser els produïts sobre el paisatge, ja que van significar la primera gran transformació d'un medi que no havia sofert més alteracions que les derivades d'unes formes de vida tradicionals ancorades en el passat: desforestació per tenir pastures i feixes per cultivar que s'enfilaven muntanya amunt, mostra de la lluita titànica de l'ésser humà contra un medi dur que obligava a emigrar una part de la població.

A principi del segle xx, el Centre Excursionista de Catalunya (CEC) havia col·laborat activament per donar a conèixer el potencial hidroelèctric d'Andorra. A tall d'exemple, es pot esmentar Lluís Creus i Vidal, enginyer de FHASA, membre del CEC, fundador de la Societat Catalana de Geografia (SCG), aficionat a l'alpinisme i a l'esquí. L'any 1927, Lluís Creus i Alfred Würth, enginyer i director de la Sociedad Productora de Fuerzas Motrices SA de Barcelona, visiten Andorra per fer



Canonada d'Engolasters, 1933.
Autor: Joan Vehils. ANA

els estudis previs d'un projecte, que redactarà Creus, en què s'estipula la construcció de tres salts d'aigua (Creus, 1932, p. 3 i seg.).

Per obtenir la desitjada energia hidroelèctrica, calia aprofitar el desnivell natural que proporcionava el llac d'Engolasters i conduir l'aigua fins a una central que s'ubicaria a la sortida d'Escaldes, entre el riu Valira d'Orient i la carretera d'Encamp. Amb aquesta finalitat, es va executar una obra de fort impacte paisatgístic, ja que va implicar fer importants moviments de terres que exigien la presència de maquinària pesant.

Mitjançant un sistema de canalització, l'aigua dels llacs de Ransol i Juclà va passar a alimentar el llac d'Engolasters, que, després de modificar la seva capacitat, actuava de presa, amb els consegüents canvis en el cabal de la conca del riu Valira d'Orient. En un principi, es construeix un salt auxiliar, necessari per a les mateixes obres, que entra en funcionament l'agost de 1931; posteriorment, es basteix un salt més important –el d'Engolasters–, que és operatiu l'estiu de 1934, moment en què el país passa a disposar d'enllumenat diürn i electricitat per a ús industrial.

Aquest salt principal va exigir la instal·lació d'una canonada que va requerir la construcció prèvia d'un funicular que esdevenia, al mateix temps, un mitjà d'accés, transport i comunicació entre la central i el llac. Finalment, l'obra culmina amb la instal·lació de pilones d'alta tensió que travessaran el país per conduir l'energia produïda.

FHASA executa en cinc anys les obres de la central, iniciades el 1930, temps rècord si es té en compte la magnitud de l'empresa i els mitjans tècnics de què es disposava a l'època. L'obra hidroelèctrica i la modernització de la xarxa viària, que afecten una bona part del territori, van ser de tal envergadura que van requerir la instal·lació d'una xarxa telefònica pròpia per connectar els diferents punts en què es treballava. Alfred Würth va ser l'enginyer que va assumir la direcció de la construcció de les instal·lacions hidràuliques.

Impactes territorials: les comunicacions viàries

En èpoques passades, les comunicacions, tant a Andorra com a la resta de la serralada pirinenca, tenien un caràcter essencialment local. Els camins rals, aptes per al trànsit de carros, permetien la comunicació entre les parròquies i els camins de ferradura facilitaven la circulació a través dels ports



Inauguració del funicular,
06.11.1932. Autor: Joan Vehils.
ANA

d'alta muntanya, i permetien així la comunicació entre les valls. Als inicis del segle xx, el naixement i l'expansió de l'automòbil, que resulta decisiu en l'evolució de les comunicacions mundials, determina un nou plantejament de les vies de circulació andorranes.

Per al Consell General esdevé imperiosa la necessitat de comunicar-se i fer més permeable el territori; calia adequar les antigues vies a les noves exigències i, en aquest sentit, la millora dels camins passa a ser una de les principals prioritats del Consell. Per la seva banda, els Comuns són responsables d'una xarxa de camins veïnals que, amb el decurs del temps, esdevindran carreteres. Les comunicacions viàries eren les pròpies d'un territori de muntanya i tan sols existia una bona carretera apta per a la circulació de vehicles entre la capital i la Seu d'Urgell, inaugurada el 1913. Tanmateix, hi havia una carretera estreta entre Soldeu i el Pas de la Casa, operativa des de 1903. De fet, el primer vehicle que va accedir al país va entrar pel Pas de la Casa i va arribar a Soldeu, l'any 1911. La resta de localitats es comunicaven a través dels camins rals i el transport de mercaderies s'efectuava en mula.

Malgrat els esforços del Consell General, les comunicacions viàries dels anys vint deixaven molt a desitjar, amb l'agreujant que la comunicació amb França quedava interrompuda per la neu durant els mesos d'hivern, aspecte que no quedarà resolt fins a la segona meitat del segle xx. Aquest fet condiona que, un cop feta la carretera hispanoandorrana, l'aprovisionament exterior d'Andorra es faci, preferentment, des d'Espanya.

Sobre aquestes bases, FHASA basteix una xarxa viària moderna que, a més de connectar els nuclis més importants del país, fa d'Andorra un territori permeable i accessible al turisme. Gràcies a la revolució dels mitjans de transport, que faciliten la mobilitat, els viatges comencen a ser habituals entre sectors cada cop més amplis de la població. La xarxa de carreteres de FHASA obria una nova via de penetració del turisme francès cap a Espanya, a través del Pas de la Casa i en direcció a la Seu d'Urgell.

L'impacte de la construcció de carreteres no és gens negligible perquè va exigir la perforació de túnels, com els de Sant Antoni, efectuar desmunts i moviments de terres importants a conseqüència dels nous traçats i bastir ponts fins aleshores inexistents. A tall d'anècdota, la capella de Sant Antoni va ser destruïda, amb motiu de la perforació dels

túnel, i l'empresa mateix en va bastir una de nova, mentre que l'antic pont de Sant Antoni va haver de ser parcialment modificat per fer passar la maquinària pesant per treballar en la perforació dels túnels.

La construcció de les carreteres respon als compromisos contrets en el contracte de concessió i, en bona mesura, també a les necessitats de la mateixa empresa per executar les obres d'electrificació, ja que calia disposar de vies de comunicació per facilitar el transport dels materials (Comas d'Argemir, 2002, p. 140 i seg.).

FHASA crea una xarxa de carreteres amb una estructura radial que té el punt central a la plaça d'Andorra la Vella, on se situa la raó social de l'empresa i on finalitza la carretera que uneix la capital amb la Seu d'Urgell. La inversió total en la xarxa viària s'estima en 10 milions de pessetes per a la construcció de nous trams i la rectificació d'altres. Segons el contracte de concessió, les obres, que s'inicien l'octubre de 1929, consisteixen en la reparació i rectificació de les carreteres de Soldeu al Pas de la Casa i d'Escaldes a Encamp, així com en la construcció de les carreteres d'Andorra la Vella a Escaldes, d'Encamp a Soldeu i d'Andorra la Vella a Ordino per la Massana. Les amplades de les carreteres varien segons es tracti de les vies del Valira d'Orient, que s'estableixen en 7 metres, o de les vies del Valira del Nord, que queden limitades a 5 metres.

Pel que fa a les carreteres de la conca del Valira del Nord, la progressió de les obres no és la mateixa que la de la carretera que uneix amb França. El consell d'administració de FHASA, que es reuneix a Andorra la Vella el juny de 1933, constata que les carreteres compromeses estan avançades. No obstant això, han rebut queixes dels veïns d'Ordino perquè està pendent l'acabament del tram entre la Massana i Ordino. Mateu es compromet, personalment, que en un mes els turistes puguin accedir a la parròquia i visitar els llocs més pintorescos del país.⁴ La carretera d'Ordino no es va obrir a la circulació fins l'any 1934.

La qualitat de la carretera d'Andorra la Vella a la Farga de Moles fa que aquesta via no quedi afectada per les obres. El lliurament oficial de la xarxa per part de l'empresa al Consell s'efectua el setembre de 1935; no obstant això, la carretera que uneix amb França ja va estar operativa a partir de 1933.



Construcció del pont de Mereig.
Autor: J. Vehils. ANA

Impactes socials

Entre els anys 1900 i 1930, Andorra havia perdut el 23% de la població a causa de l'emigració. A conseqüència de les obres de FHASA i dels posteriors conflictes bèl·lics dels països de l'entorn, la població andorrana es va recuperar lentament, però cal esperar l'any 1944 perquè els valors se situïn en xifres similars a les de principi del segle xx. L'any 1930 s'arriba al mínim demogràfic del segle, amb 4.042 habitants, segons dades del bisbat d'Urgell, com a resultat d'una taxa negativa de creixement durant els primers trenta anys, ja que molts andorrans havien marxat durant les tres primeres dècades.

Als impactes sobre el paisatge cal afegir-hi els produïts a escala humana i econòmica. Les obres de FHASA atreuen obrers, preferentment de Catalunya però també de la resta d'Espanya, alguns dels quals ja han treballat en la construcció d'altres centrals hidroelèctriques al Pirineu. Segons René Baulard, el cap de la Gendarmeria francesa que s'instal·la al país per ordre dels coprínceps, la societat FHASA dona feina a prop de mil treballadors, mentre que la societat filial Firmas y Construcciones, que s'encarrega de la construcció de les carreteres, ocupa uns 200 treballadors més (Baulard, 1934, p. 73 i seg.). Un cop acabades les obres de la central i les carreteres, la major part dels treballadors retorna a Espanya i una petita part es queda al país.

Per acollir els obrers, FHASA basteix edificis condicionats com a habitatges i instal·la una cantina per vendre als treballadors els queviures necessaris a preus especials. Al costat de la central d'Escaldes es va alçar un edifici i, en funció de les obres de les carreteres, en especial la que havia d'enllaçar amb el Pas de la Casa, es van construir barracons per als treballadors i la maquinària, a banda i banda del port d'Envalira. Al costat sud del port, un d'aquests barracons esdevindrà posteriorment l'emblemàtic refugi d'Envalira, impulsat per l'enginyer de FHASA –Àlvar Menéndez– que funda l'Esquí Club Andorrà l'any 1932; el refugi acollirà tant els esquiadors del país com els vinguts de fora. A la part nord del port, neix un poblat temporal format per un aglomerat de barraques de fusta i plaques de ciment que, pocs anys després, donarà origen a la localitat del Pas de la Casa.

Les condicions laborals eren dures i la salut dels treballadors i els accidents mortals sovint eren el preu que s'havia de pagar per obres d'aquestes característiques. A tall d'exemple,



Obrers al llac de Juclar, 05/11/1935
Autor: Desconegut. ANA

l'autor Joan Vehils relata un accident per explosió de càrregues de dinamita, el 17 de març de 1932, en què van morir sis treballadors. També comenta que FHASA havia contractat una assegurança d'accidents per als treballadors amb la companyia La Preservatrice; a més, la societat construeix el primer hospital d'Andorra destinat a l'atenció mèdica i quirúrgica dels obrers, prop de la plaça d'Andorra la Vella, equipat amb raigs X. Més que un hospital, entès en el significat modern de la paraula, el que construeix FHASA és un centre d'assistència primària, sense hospitalització. Posteriorment, aquest petit hospital tindrà un paper gairebé èpic en l'atenció dels refugiats durant la Guerra Civil Espanyola.

Un sector públic poc desenvolupat i un cert grau de passivitat de les autoritats locals permeten que FHASA actuï en les relacions laborals sense cap arbitratge. Les condicions laborals dels treballadors, especialment els salaris, desencadenen una onada de vagues. Vehils constata fins a quatre vagues de caràcter revolucionari, una el 1931 i tres el 1933. Els sindicats espanyols no van ser aliats als conflictes laborals que es van desencadenar, ja que la majoria dels obrers eren de nacionalitat espanyola i una part estaven afiliats a la Confederació Nacional del Treball (CNT). Les vagues, que en cap moment no van tenir un caràcter violent, van causar un fort impacte en la població andorrana i els fets van perdurar en la memòria dels que hi havien assistit com a testimonis d'un procés complex en què es barrejaven diversos aspectes.

Les protestes laborals coincideixen amb la destitució del Consell General per sentència del Tribunal de Corts i amb les reivindicacions dels joves andorrans, que reclamen el dret al sufragi universal masculí. Amb motiu dels conflictes laborals i les tensions polítiques internes, els coprínceps acorden fer entrar la Gendarmeria francesa per pacificar el país.

Altres impactes

Per tal de garantir les operacions de FHASA i gestionar la nòmina dels treballadors, la família Mateu funda el primer banc del país, que s'instal·la a Sant Julià de Lòria i, un temps després, es trasllada a la plaça d'Andorra la Vella. Obté una concessió bancària que, el 30 de desembre de 1930, nou mesos més tard del naixement de la societat FHASA, dona lloc al Banc Agrícol i Comercial d'Andorra. Els socis constituents són Miquel Mateu Pla, Damià Mateu Bisa, Joan Fornesa Puigdemassa, Bonaventura Rebés Castellà i Lluís Desvalls Trias, marquès d'Alfarràs. Tots ells tenien vincles amb la banca, ja fos amb el Banco Urquijo Catalán o amb la Banca Arnús de Barcelona a través de la seva sucursal a la Seu d'Urgell, i el marquès d'Alfarràs estava relacionat amb la Caixa d'Estalvis i Mont de Pietat de Barcelona (Galabert, 2012, p. 57 i seg.).

Per una altra banda, l'existència de FHASA com a productor i distribuïdor d'energia elèctrica a gran escala permet la instal·lació de Ràdio Andorra, emissora que per funcionar necessitava electricitat d'alta tensió en abundància. L'emissora, situada a la parròquia d'Encamp, va entrar en funcionament l'any 1939 i va contribuir a difondre la imatge d'Andorra a l'exterior.

Les obres de FHASA també van tenir un impacte evident en l'ordre públic, derivat de l'afluència massiva de mà d'obra estrangera, amb caràcter temporal, que equivalia al 30% de la població del país. El Consell General intueix que la presència d'un important contingent de persones foranes, algunes de les quals vinculades a moviments sindicals desconeguts pels andorrans, pot esdevenir una font de conflictes. Aquesta desconfiança, pròpia d'una societat de muntanya envers els vinguts de fora, es tradueix en mesures relatives al control d'estrangers i a l'ordre públic. Un decret del 30 d'octubre de 1929 estipula que, amb motiu de les obres que s'han de començar, cal adoptar disposicions per evitar que vinguin al país persones poc desitjables i estableix que els Comuns portin

un llibre de registre d'estrangers. En els anys subsegüents, el Consell dicta normes de control que obliguen els Cònsols a portar un registre en què s'han d'inscriure tots els estrangers residents a la parròquia. L'any 1935, es torna a regular la documentació exigida, en què es fa constar el temps de residència i la conducta observada (Fiter, 1973, p. 745 i seg.). El 15 de maig de 1931 es crea un cos de policia uniformat i permanent en aplicació del contracte de concessió de FHASA, finançat per la societat i a les ordres dels veguers. Aquest cos professional té com a missió garantir la bona conservació i l'explotació de les instal·lacions, vigilar els elements estrangers, perseguir delictes i fer complir els decrets dels veguers. El Servei d'Ordre, finançat per FHASA, es constitueix amb sis agents i un cap, a les ordres dels Veguers i dels Batlles. Els agents són designats pels Veguers, amb la proposta prèvia de FHASA i l'informe favorable de Sindicatura (Riberaygua, 1946, p. 152 i seg.).

Els veguers, que com a representants dels Coprínceps en territori andorrà eren els màxims responsables de l'ordre públic, reorganitzen el Cos de policia l'any 1939. Les instal·lacions del cos de policia es limiten a dos despatxos: un a Sant Julià de Lòria i l'altre a Canillo. Per formar els agents s'havia contractat un instructor francès, que l'any 1940 finalitza la seva missió.

Conclusions

Andorra va obtenir grans beneficis de la concessió de FHASA, ja que les obres dutes a terme per la societat van representar el punt de partida de la transformació del país; en contrapartida, la concessionària va obtenir la possibilitat de produir energia elèctrica a gran escala, necessària per al funcionament dels centres fabrils de l'àrea de Barcelona i per cobrir la demanda nacional. No obstant això, en l'àmbit intern, les obres de FHASA no sempre van ser acollides amb entusiasme pels incompliments contractuals i per l'impacte de les obres efectuades.

FHASA basteix una xarxa viària moderna que, a més de connectar els nuclis més importants del país, estableix un eix viari nord-sud que farà d'Andorra un territori permeable i accessible al turisme. Les carreteres permeten l'inici d'una etapa precursora del turisme de masses i faran d'Andorra un lloc de destinació que, fins als anys trenta, havia tingut un atractiu condicionat justament per les dificultats d'accés.

Bibliografia

- BAULARD, R. (1934). *La Gendarmerie française dans les Vallées d'Andorre* (18 août-9 octobre 1933). Perpinyà.
- BARBIER, P. (1938). *La Coutume privée d'Andorre*. París.
- COMAS D'ARGEMIR, D. (2002). *Andorra, una economia de frontera*. Lleida: Pagès Editors.
- CREUS, L. (1932). "L'electrificació d'Andorra". *Técnica. Revista Tecnológico Industrial*, núm. 156. Barcelona, p. 1-16.
- FITER, R. (1988). *Legislació administrativa andorrana*. Andorra: Casal i Vall.
- GALABERT, M. (2012). "Un cas d'èxit als Pirineus: el desenvolupament econòmic d'Andorra, 1866-2007", *Recerques: història, economia, cultura*, núm. 64, p. 57-88.
- GONZÁLEZ, A. (2009). *La cruïlla andorrana de 1933. La revolució*. Tarragona: Fundació Julià Reig i Cossetània Edicions.
- LLUELLES, M. J. (coord.) (2004). *El segle XX. La modernització d'Andorra*. Lleida: Cambra de Comerç, Indústria i Serveis d'Andorra i Pagès Editors.
- LLUELLES, M. J.; GARCIA, E. (2018). *Història econòmica d'Andorra, segles XX-XXI*. Andorra: UdA.
- RIBERAYGUA, B. (1946). *Les Valls d'Andorra*. Barcelona: Bosch, Casa Editorial.
- RIOS, F. (1920). *Vida e Instituciones del pueblo de Andorra. Una supervivencia señorial*. Madrid: Centro de Estudios Históricos.
- VEHILS, J. (1983). *Forces Hydroélectriques d'Andorra SA. FHASA (1929-1983)*. Andorra.
- VIDAL I GUITART, J. M. (1974). "La electricidad en Andorra". Barcelona: *Cuadernos de Historia Económica*.



Ramon Copons i Llorens

Doctor en Ciències
Geològiques per la
Universitat de Barcelona,
director tècnic del Centre
d'Estudis de la Neu i de la
Muntanya d'Andorra de
l'Institut d'Estudis
Andorrans



Ramon Copons i Llorens

Resum

En aquest article s'utilitza el concepte "informació de base" per definir la informació inicial que es fa servir en el desenvolupament d'un estudi o projecte. Els estudis tècnics i projectes sobre recursos naturals i energia requereixen una informació de base fiable per aconseguir uns resultats acurats de la forma més eficient possible. En aquest sentit, els centres de recerca i les universitats disposen d'una gran quantitat d'informació que és el resultat de la seva recerca. Aquest article mostra, de la forma més planera possible, com els resultats de la recerca poden ser d'utilitat per als estudis sobre recursos naturals i energia. En aquest sentit, es posen alguns exemples de certs resultats científics que té el Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra (CENMA), de l'Institut d'Estudis Andorrans (IEA), que poden ser informació de base.

Informació de base per als estudis sobre recursos naturals i energia

Introducció

Tota primera informació, tingui el format que tingui, que s'utilitzi per desenvolupar un estudi o projecte en la primera fase d'execució és el que s'anomena en aquest article informació de base. La informació de base pot ser una base de dades numèrica, alfanumèrica o georeferenciada, o de qualsevol altre format. Sovint serà necessari afegir una informació addicional a la informació de base, o tractar-la, perquè sigui útil per al desenvolupament metodològic de l'estudi.

És possible que part de la informació de base requerida ja estigui disponible en un repositori d'informació digital, catàleg o biblioteca, i sigui el resultat d'estudis precedents. En cas que falti informació se n'haurà de fer de nova, i serà necessari destinar una quantitat notable de temps i disposar de recursos per dur-ho a terme. Per tant, és convenient seleccionar bé la informació de base que es necessita per a l'estudi i fer-ne una cerca rigorosa.

El marge d'error o inexactitud que hi hagi en la informació de base es pot incrementar al llarg del desenvolupament metodològic de l'estudi, fet que donarà uns resultats amb uns marges d'error més grans. Per tant, és necessari que la informació de base sigui tan acurada i fiable com sigui possible.

Les entitats de recerca i universitats, i algunes administracions, sovint fan una recerca encaminada a obtenir uns resultats que acostumen a ser d'alta qualitat. Els resultats poden ser utilitzats posteriorment per a estudis tècnics, projectes o una altra activitat de recerca. En definitiva, els resultats científics poden ser una informació contrastada, homologada i sovint desenvolupada d'acord amb estàndards internacionals.

L'objectiu d'aquest article és presentar, de la manera més planera i simplificada possible, la informació de base que pot ser útil per al desenvolupament dels estudis sobre recursos naturals i energia, prenent com a exemple els resultats de la recerca desenvolupada al Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra (Institut d'Estudis Andorrans).

Disponibilitat de la informació de base

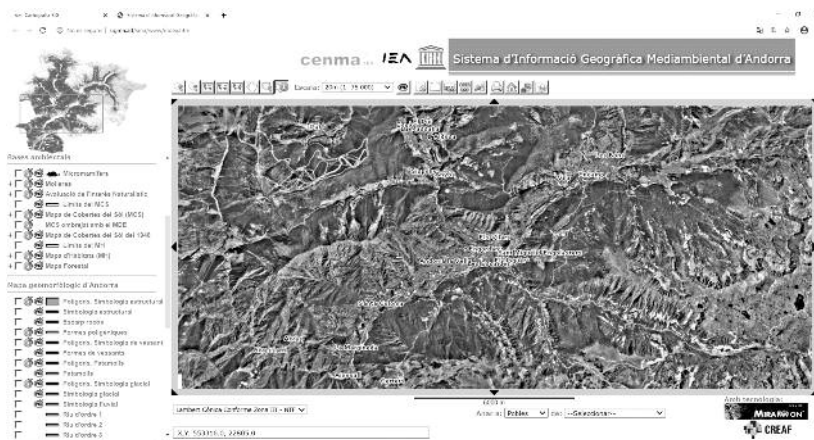
Generar una nova informació de base, durant l'execució d'un projecte tècnic o estudi, pot requerir molt de temps, i per tant destinar molts recursos econòmics per desenvolupar-la. És per

això que, per a l'elaboració dels estudis tècnics, s'aprofita al màxim la informació disponible que és el resultat de la recerca desenvolupada en centres de recerca, universitats o administracions especialitzades. Evidentment, és molt possible que la informació disponible no sigui suficient per desenvolupar el treball i s'hagi de generar informació nova o afegir-n'hi de nova, o que s'hagi de fer un tractament previ de la informació.

En l'àmbit de les administracions situades en països de la Unió Europea, s'acostuma a preparar projectes competitiu dins de programes de finançament europeu, (https://ec.europa.eu/info/funding-tenders_en) en què, per iniciativa de les administracions, es desenvolupa una informació de base per a una finalitat concreta. L'objectiu de desenvolupar la informació de base dins d'un programa europeu és la cerca d'un finançament quan l'execució té un alt cost econòmic.

En l'àmbit d'Andorra, hi ha diverses entitats que poden proporcionar informació de base. En el cas del Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra (CENMA), de l'Institut d'Estudis Andorranos (IEA), aquesta entitat ha generat diversos productes en l'àmbit del medi natural que són el resultat de la seva recerca. En ser una entitat parapública, posa al servei de l'Administració i d'altres entitats els resultats que n'obté (vegeu una part de la informació disponible al web <https://www.iea.ad/cartografia/cartografia-sig>).

Foto 1. Repositori digital d'informació cartogràfica del CENMA consultable a través del Sistema d'Informació Geogràfica Mediambiental d'Andorra (SIGMA <http://www.sigma.ad/sma/www/in dex.htm>)

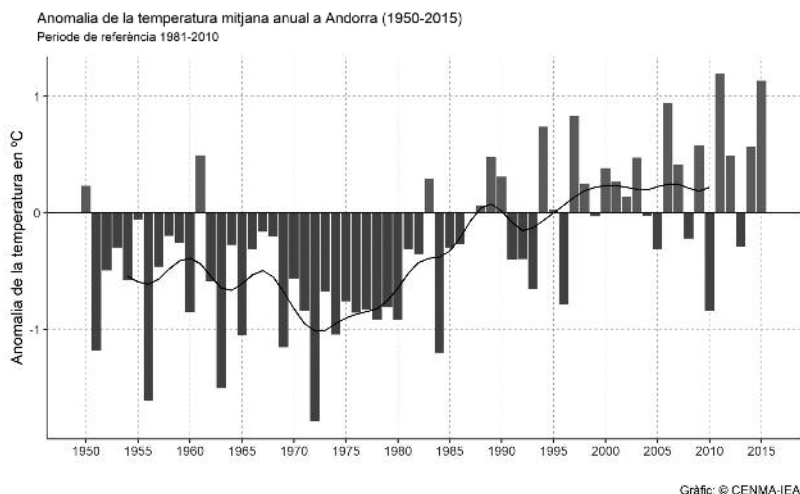


Els resultats de la recerca en medi natural poden ser una bona informació de base per als estudis sobre recursos naturals i energia. Els recursos naturals són tots els elements de la natura que ens poden ser útils per a les nostres necessitats. Una de les nostres necessitats és, per exemple, la generació d'energia renovable. Per tant, hi ha un fort lligam entre el medi natural, els recursos que ens proveeix i l'energia que n'obtenim.

Hi ha diversos productes del CENMA-IEA que poden ser d'informació de base per a estudis sobre energia i recursos naturals (<https://www.iea.ad/cenma>). Alguns exemples són els següents:

- L'Atlas Climàtic Digital d'Andorra (www.acda.ad), que representa el clima d'Andorra de forma cartogràfica. Pot ser utilitzat, per exemple, per a estudis d'energies renovables com és el cas de l'energia solar.
- Observatori de la Muntanya d'Andorra (www.oma.ad), que representa els indicadors climàtics, de biodiversitat, dels riscos naturals i del territori en general. Part dels indicadors marquen una temporalitat; és a dir, que representen l'evolució al llarg del temps d'un índex determinat (temperatures, precipitacions, espècies animals, etc.). La informació pot ser utilitzada per a l'anàlisi del canvi climàtic i del seu impacte en certs recursos naturals, com pot ser la neu.

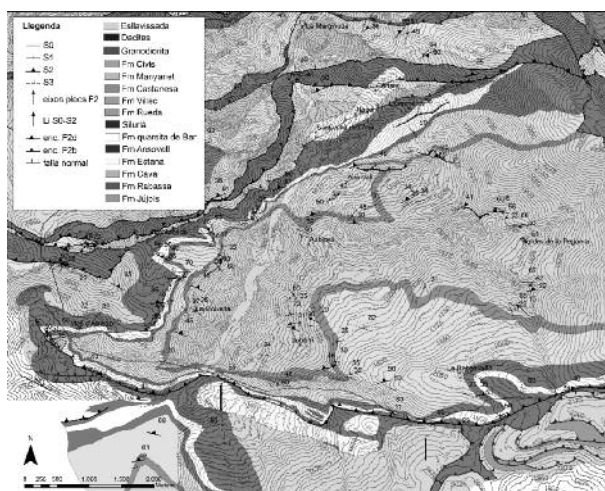
Foto 2. Gràfic sobre l'evolució de les temperatures de l'Observatori de la Muntanya d'Andorra (www.oma.ad)



- Mapa d'hàbitats d'Andorra, que, en representar els hàbitats d'Andorra, inclou la distribució de les àrees cobertes per bosc amb les espècies arbòries predominants. Pot ser utilitzat per avaluar l'abast dels recursos forestals per a l'extracció de l'estella.

- Mapa Geològic d'Andorra, que representa la distribució de les diferents litologies de roques i els contactes geològics entre elles. Pot ser utilitzat com a informació de base per a estudis relacionats amb l'energia geotèrmica i la cerca de recursos per a activitats ecoturístiques relacionades amb el patrimoni geològic i paleontològic.

Foto 3. Fragment del mapa geològic del sector sud d'Andorra a escala 1/25.000. Cada color representa un tipus determinat de roca i d'edat. (Font: Aina Margalef (2015): "Estudi estructural i estratigràfic del sud d'Andorra". Tesi doctoral. Universitat de Barcelona; <http://hdl.handle.net/2445/68683>)



Agafant l'exemple del Mapa Geològic, per si mateix es pot dir que té un caràcter bàsicament informatiu sobre la geologia d'una zona o regió. En format paper és colorit, amb corbes sinuoses i figures geomètriques. Més enllà de la informació geològica que proveeix, el Mapa Geològic és una excel·lent informació de base per a altres estudis posteriors: construcció d'infraestructures (carreteres, embassaments, túnels, etc.) i cerca de recursos naturals (petroli, aigües subterrànies, minerals, roques ornamentals, etc.), riscos naturals (moviments de vessant, sismologia, etc.) i recursos energètics (geotèrmia), entre d'altres. Evidentment, cada estudi

necessitarà fer la seva base de dades pròpia i específica per desenvolupar-se, però requerirà tenir un mapa geològic general.

Alguns exemples d'estudis relacionats amb recursos naturals o energia i la informació base utilitzada

S'explica breument quatre exemples d'estudis relacionats amb recursos naturals o energia a Andorra que utilitzen els resultats de la recerca prèvia del CENMA-IEA com a part de la informació de base. Els exemples són els següents:

- La zonificació climàtica de zones urbanes, que és un estudi fet l'any 2019 sota la coordinació de l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic (OECC) del Govern d'Andorra.
- L'estudi d'estimació de les emissions de CO₂ del sector AFOLU (sigla en anglès de *agricultura, silvicultura i altres usos del sòl*). Estudi en curs de desenvolupament l'any 2020 sota l'encàrrec també de l'OECC.
- La idea d'un projecte en fase de concertació interregional sobre l'establiment de les polítiques d'ús sostenible dels sòls en el marc d'una aliança dels sòls pirinencs.
- La gestió integral dels boscos com a recurs energètic sostenible. És un exemple d'un potencial estudi que podria utilitzar com a informació de base la del CENMA-IEA.

Zonificació climàtica de les zones urbanes

En el marc de la Llei 21/2018, del 13 de setembre (BOPA núm. 57, del 2018), d'impuls de la transició energètica i del canvi climàtic (Litecc) a Andorra, es preveu la millora de l'estalvi i de l'eficiència energètica en l'edificació. La Llei fomenta la reducció del consum energètic, la implantació de sistemes més eficients i l'increment de la producció d'energies renovables. En el sector de l'edificació això comporta el disseny i la construcció d'edificis amb un consum d'energia gairebé nul i, en el cas d'habitatges existents, la millora de l'estalvi i l'eficiència energètica.

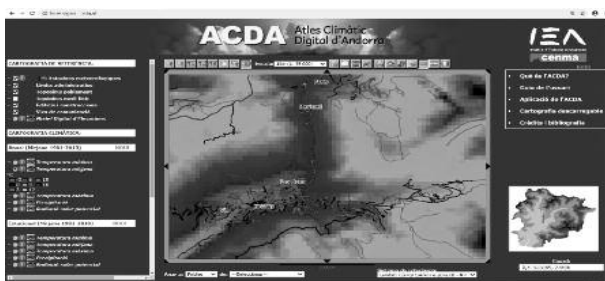
Per dur a terme la millora de l'estalvi i l'eficiència energètica, l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic (OECC) del Govern d'Andorra va encarregar al CENMA-IEA la zonificació climàtica de les zones urbanes i urbanitzables d'Andorra partint de la informació de l'Atles Climàtic Digital d'Andorra (ACDA) (www.acda.ad), a més d'altra informació de base que va proporcionar la mateixa OECC.

La zonificació climàtica classifica el terreny en cinc categories segons la seva severitat climàtica anual i mensual. Per desenvolupar l'estudi va ser necessari disposar de la informació de base, en format ràster, de temperatures màximes, mínimes i mitjanes mensuals; i de radiació solar màxima i mínima anual, entre altra informació com és la relacionada amb edificacions. Bona part de la informació de base climàtica va ser obtinguda a partir de l'ACDA.

L'ACDA és un servidor o navegador de mapes que consta de 93 mapes climàtics digitals que representen el clima a tres escales temporals diferents: mensual, estacional i anual. Els mapes es generen a partir d'anàlisis estadístiques de la informació climàtica del període 1981-2010. Aquest període de temps correspon als 30 anys acceptats internacionalment per definir el clima d'un indret. La resolució espacial de la cartografia és en píxels de 90 x 90 m. Cada píxel representat al mapa donarà valors climàtics únics i diferents de la resta de píxels.

L'ACDA ha estat elaborat al llarg de diversos anys. S'hi va començar a treballar entre els anys 2010 i 2011 a partir de les dades climàtiques del període 1971-2000. Mitjançant la combinació de tècniques geoestadístiques de diferents variables i utilitzant com a eina un sistema d'informació geogràfica, es va transformar la informació climàtica puntual, que proporcionen les estacions meteorològiques, en una informació contínua espacial representada en mapes (vegeu la metodologia amb més detall a través del web www.acda.ad). Tot i que la visualització ha anat millorant després de la finalització del primer ACDA, la millora més destacable esdevé l'any 2015, quan la informació climàtica s'actualitza per al període 1981-2010. Per tant, és un producte "viu" que és el resultat de diversos projectes i actualitzacions.

Foto 4. Atlas Climàtic Digital d'Andorra (www.acda.ad). Cada píxel representa les temperatures i les precipitacions mensuals d'una superfície del terreny de 90 x 90 m



Estimació de les emissions de CO₂ del sector AFOLU

El Govern d'Andorra és signatari del Conveni marc de les Nacions Unides per al canvi climàtic. Un dels compromisos que assumeix el Govern d'Andorra en el marc d'aquest conveni és analitzar les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle, definides en les Directrius del Panel Intergovernamental en Canvi Climàtic (IPCC 2006, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>)

per al sector AFOLU. El balanç d'emissions es fa a partir de l'estudi evolutiu de mapes anuals de cobertes del sòl des de l'any 1990 fins ara. El treball ha estat encarregat per l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic del Govern d'Andorra al CENMA-IEA.

Cada mapa anual de cobertes representa la distribució espacial de les diferents classes de cobertes del sòl: boscos, cultius, pastures, aiguamolls i urbanitzacions, entre d'altres. Cada classe de coberta té una potencial emissió o captura dels gasos d'efecte d'hivernacle. D'aquesta forma es veu anualment com evolucionen les cobertes del sòl i es determina quins sectors del terreny són més estables al llarg del temps quant a la classe de coberta.

S'ha considerat dos tipus principals d'informació de base per al càlcul estimatiu de les emissions del sector AFOLU: (i) els mapes de les cobertes del sòl de detall fets just en els anys que hi ha un vol fotogramètric mitjançant avió (anys 1995 i 2012) i (ii) les ortoimatges anuals obtingudes mitjançant les imatges de satèl·lit.

Durant el període que comprèn l'estudi, s'han fet dos vols fotogramètrics que cobreixen la totalitat del territori andorrà (anys 1995 i 2012). A partir de les imatges aèries d'ambdós anys, el CENMA ha fet el mapa de cobertes del sòl corresponent fent les comprovacions sobre el terreny. Per tant, els mapes de cobertes del sòl són una informació fiable i de detall de la situació de les cobertes considerades en un any determinat.

Pel que fa a les imatges dels satèl·lits, no hi havia cap informació prèvia a Andorra, de manera que ha estat necessari cercar totes les imatges de satèl·lit disponibles. Després, s'han utilitzat totes les imatges de prou qualitat per generar una imatge representativa de cada any. Les imatges anuals s'han utilitzat per interpretar el territori amb les categories de cobertes assignades.

Els mapes de cobertes del sòl dels anys 1995 i 2012, i també

el del 1972, generats manualment, han ajudat a crear i verificar una metodologia d'elaboració dels mapes de cobertes del sòl anuals de forma gairebé automatitzada a partir de les imatges de satèl·lit. Un cop obtinguts aquests mapes anuals, es quantifiquen els seus reservoris de carboni i s'analitzen les emissions dels gasos d'efecte d'hivernacle per part de l'OECC.

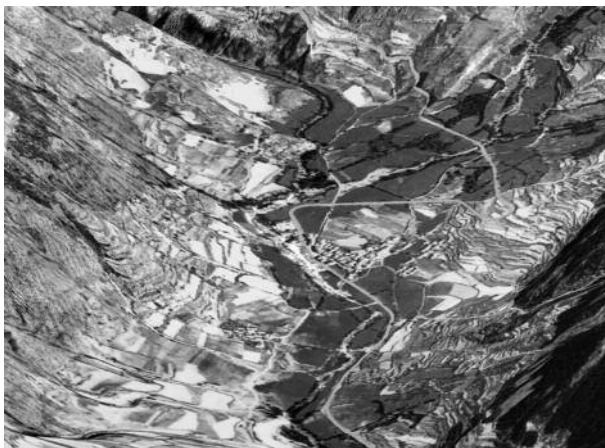


Foto 5. Fragment en 3D del mapa de cobertes del sòl de l'any 1948, en aquest cas de la zona d'Encamp

Aliança dels sòls pirinencs

Recentment, l'any 2020, la Comunitat de Treball dels Pirineus, conjuntament amb l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, el Govern de Navarra i la Universitat de Lleida, ha començat a configurar l'aliança dels sòls pirinencs. Avui dia, l'aliança està en un estat embrionari i es fan reunions parcials mitjançant videoconferències i una enquesta general a tots els actors potencialment implicats.

La protecció dels sòls es troba entre les prioritats de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura (FAO), ja que el sòl es considera un recurs natural essencial que produeix la majoria de l'aliment mundial.

(<http://www.fao.org/global-soil-partnership/about/es/>).

Davant la vulnerabilitat dels sòls pirinencs i del coneixement heterogeni que hi ha sobre ells en els diferents territoris pirinencs, s'ha considerat crear una aliança pirinenca de sòls

que defineixi una agenda per a futures actuacions i projectes. Una de les accions que es planteja és crear informació bàsica dels sòls (mapes i bases de dades) uniforme per a tota la serralada pirinenca. Aquesta acció requereix diversa informació de base, i la que necessita un esforç destacat és la delimitació cartogràfica de les principals unitats dels sòls. En aquest cas, el CENMA disposa de dos informacions per al territori andorrà: el mapa geomorfològic d'Andorra i els mapes de les cobertes del sòl dels anys 1948, 1972, 1995 i 2012.

D'una banda, el mapa geomorfològic d'Andorra delimita i caracteritza les principals formacions superficials geològiques normalment atribuïbles al període de temps del quaternari. El mapa representa els terrenys formats per blocs, graves, sorres i llims molt propensos a generar sòls edàfics d'un gruix i una extensió importants (morrenes glacials, esllavissades, tarteres, planes fluvials, dipòsits torrencials, etc.).

D'altra banda, els mapes de les cobertes del sòl caracteritzen els terrenys destinats a l'agricultura des de l'any 1948 fins al 2012; és a dir, els que són potencialment més fèrtils i perdurables. Una altra informació que es pot extreure d'aquests mapes és la localització de sòls de gruix escàs però capaços de produir zones boscoses o pastures d'alta muntanya.

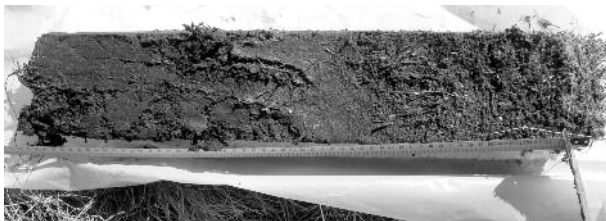


Foto 6. Exemple de perfil d'un sòl edàfic a Andorra

Gestió dels boscos com a recurs natural energètic renovable

El bosc es pot considerar com un recurs energètic potencialment renovable. Tanmateix, també es pot percebre com un recurs que té una funció d'embornal de carboni provinent de l'atmosfera.

Avui dia, el principal producte energètic del bosc andorrà és l'estella, que és un fragment petit de fusta. Hi ha exemples d'aprofitament dels boscos d'Andorra com a recurs energètic,



Foto 7. Fragments d'estella.
Font de la imatge:
<https://www.serradoraboix.com/>



Foto 8. Vista general d'un bosc d'Andorra que té un paper protector contra els riscos naturals

com són el projecte *District heating* a Canillo, la sostenibilitat energètica de Naturlàndia a partir de la gestió del bosc de la Rabassa (Sant Julià de Lòria) i les calderes de biomassa en certs edificis administratius (Ordino).

La clau que converteix el bosc en un recurs altament o escassament renovable, i fins i tot aprofitable o no, és la gestió silvícola. La silvicultura és l'art de gestionar les superfícies forestals fent servir mètodes que afavoreixin la regeneració del bosc, l'augment de la productivitat de la fusta i la disminució del risc d'incendis i l'amenaça de les plagues, per exemple.

La silvicultura també vetlla per evitar l'aprofitament desigual del territori forestal. D'aquesta forma s'evita la sobreexplotació de certs boscos i la pèrdua de riquesa. Per tant, és necessari disposar d'una cartografia dels boscos, incloent-hi les espècies vegetals predominants, a més de diversos paràmetres que caracteritzen la densitat i la maduresa del bosc. Un altre aspecte que permet la gestió silvícola és reduir el risc d'incendis forestals, sobretot en els boscos de protecció. Especialment importants són els boscos de protecció, ja que protegeixen la població de l'amenaça de determinats fenòmens naturals com són les allaus.

La informació de base per fer una cartografia forestal pot sortir, en part, de la informació disponible al CENMA. Un dels projectes desenvolupats és el mapa d'hàbitats de l'any 1995 i el de l'any 2012. El mapa d'hàbitats classifica el territori en diferents ambients naturals segons la vegetació i reflecteix les principals poblacions d'espècies vegetals. Pel que fa al mapa del 2012, es representa fidelment la superfície i la distribució dels hàbitats considerats per la Unió Europea d'interès comunitari (HIC) i, per tant, permet valorar quins mereixen un esforç prioritari de conservació. En la mateixa línia, el mapa permet representar l'índex VGI (valor global d'interès), que, mitjançant l'anàlisi d'un conjunt de variables (fragilitat, endemicitat, naturalitat, raresa...), fa una valoració de l'interès naturalístic de les diferents unitats del mapa d'hàbitats.

El mapa d'hàbitats dona a conèixer que a Andorra hi ha 194 km² de bosc, xifra que representa aproximadament el 42% del territori. El 2,3% del territori l'integren arbres caducifolis (*Populus tremula*, *Betula pendula*, *Salix caprea* i *Quercus pubescens*) i l'1% del territori correspon a esclerofil·les (*Quercus ilex*, entre d'altres). La resta són pinàcies (*Pinus*

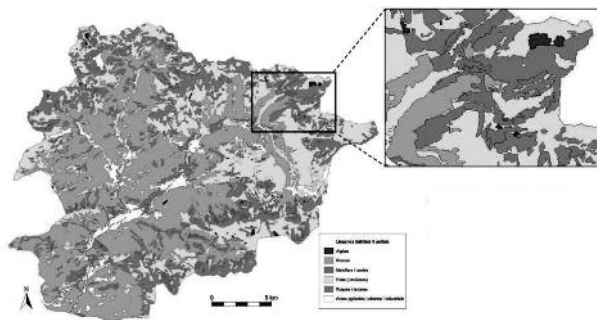


Foto 9. Mapa d'hàbitats d'Andorra amb la informació simplificada. Les superfícies de color verd representen el territori cobert per boscos

uncinata, *Pinus sivestry*, *Abies alba*). Aquesta informació es considera rellevant, ja que la fusta té un potencial calorífic diferent en funció de l'espècie d'arbre de la qual prové.

Del CENMA també hi ha altra informació que pot ser útil. Hi ha la cartografia dels boscos de protecció per allaus de tot el territori andorrà, incloent-hi les espècies d'arbres predominants. També hi ha les experiències silvícoles per minimitzar l'impacte climàtic en els boscos pirinencs que s'han obtingut a través del projecte Canopee, finançat a través del programa Poctefa 2014-2020.

Consideracions finals

Els centres de recerca, les universitats i les administracions públiques i parapúbliques són entitats que tenen informació que és el resultat dels seus projectes de recerca i estudis tècnics. La informació pot ser especialment útil com a informació de base per a l'execució d'estudis posteriors sobre recursos naturals i energia. Tenint en compte que aquests estudis requereixen una informació tan acurada com sigui possible i desenvolupada a partir de tècniques acceptades internacionalment, aquestes entitats són una font d'informació valuosa.

A Andorra hi ha diverses entitats dedicades a la recerca (l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra, ActuaTech, la Universitat d'Andorra i el mateix CENMA-IEA, entre d'altres). En el cas del CENMA-IEA (<http://www.iea.ad/cenma>), des que es va crear l'any 2006 ha desenvolupat diversos projectes de recerca que han donat com a resultat diversos productes que poden ser la informació de base dels estudis de recursos

naturals i d'energia. Aquesta informació està disponible al web <https://www.iea.ad/cartografia/cartografia-sig>.

Hi ha dos projectes desenvolupats des del CENMA, promoguts per l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic del Govern d'Andorra, que han utilitzat els resultats de projectes anteriors com a informació de base. D'una banda, hi ha l'estudi de la zonificació climàtica de les zones urbanes i urbanitzables que ha utilitzat l'Atles Climàtic Digital d'Andorra. I, d'altra banda, hi ha l'estimació de les emissions de CO₂ del sector AFOLU, que ha utilitzat els mapes de cobertes del sòl dels anys 1995 i 2012.

També hi ha una acció, que està en fase de concertació, en relació amb l'aliança dels sòls pirinencs, que és el desenvolupament d'una cartografia amb una base de dades homogènia relativa als sòls pirinencs. El desenvolupament d'aquesta cartografia a Andorra podria requerir la informació del CENMA amb una certa relació amb els sòls: el mapa geomorfològic i els mapes de cobertes dels sòls del 1995 i 2012.

Així mateix, en l'article s'ha mostrat un potencial estudi, que és la gestió integral dels boscos de tot el territori com a recurs natural renovable. Aquest estudi podria utilitzar els mapes d'hàbitats del 1995 i del 2012, així com altra informació, com és la cartografia i la caracterització dels boscos de protecció per allaus d'Andorra i l'experiència de la gestió silvícola a través del projecte Canopee.

Com a conclusió, es pot dir que el CENMA té un repositori d'informació que pot ser útil per als estudis sobre recursos naturals i energia. És important la relació entre els centres de recerca i les entitats que efectuen aquests estudis perquè, per una banda, les entitats són coneixedores dels recursos d'informació existents i, per altra banda, es fomenta el desenvolupament d'una recerca d'alta transferibilitat.

Agraïments

Els projectes "Zonificació climàtica de les zones urbanes" i "Estimació de les emissions de CO₂ del sector AFOLU" han comptat amb la col·laboració i el cofinançament de l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic del Govern d'Andorra. També s'agraeix l'ajut 2015 del Govern d'Andorra de la convocatòria complementària als ajuts europeus Poctefa 2014-2020, ref. AUEP003-AND/2015.



Resum

La digestió anaeròbica és una tecnologia basada en la utilització de diferents microorganismes que treballen conjuntament per transformar grans quantitats de residus orgànics en recursos d'alt valor econòmic, com poden ser químics o energètics. Malauradament, una gran part dels residus orgànics contenen compostos lignocel·lulòsics, components típics d'origen vegetal que es troben en plantes o arbres, que són difícilment degradables pels microorganismes. Això fa que la transformació dels residus mitjançant la digestió anaeròbica es vegi limitada, i que afecti negativament la viabilitat econòmica de la tecnologia. Per una altra banda, els microorganismes presents en l'estómac dels rumugants (bous, ovelles, cabres, etc.) poden degradar els compostos lignocel·lulòsics eficientment. En aquesta investigació, els camps de l'enginyeria, la microbiologia i la ciència animal s'ajunten per a l'elaboració d'un nou tipus de digestor anaeròbic inspirat en el funcionament de l'estómac dels rumugants (rumen). Amb tot, es desitja que, mitjançant un nou disseny del digestor i l'aplicació de paràmetres operacionals adients, microorganismes típics dels rumens es desenvolupin en el digestor per millorar la transformació dels compostos lignocel·lulòsics, difícilment degradables en els digestors convencionals.

Aquest nou procés no produeix el típic producte de la digestió anaeròbica (biogàs), sinó que produeix productes químics d'alt valor econòmic i d'alt interès per a la indústria química.

Xavier Fonoll i Almansa

Doctor en Enginyeria i
Tecnologies Avançades per
la Universitat de Barcelona,
investigador postdoctoral al
Civil & Environmental
Engineering Department
de la Universitat de
Michigan



Xavier Fonoll i Almansa

**Transformació
dels residus
orgànics en
productes químics
i energètics d'alt
valor econòmic
mitjançant l'ús de
biotecnologies
inspirades en la
natura**



Figura 1. Digestor anaerobi de la Michigan State University (Lansing, EUA)

Introducció

El 2010 es van generar 0,5 bilions de tones de la fracció orgànica dels residus sòlids urbans a 161 països. Degut al creixement de la població mundial, s'estima que el 2025 la producció de residus orgànics urbans sigui d'1,1 bilions de tones.¹ A Andorra es van generar durant el 2015, 597 kg de residus sòlids urbans per habitant, i 34% eren orgànics. Els residus orgànics tenen un alt contingut d'energia química. Per exemple, la quantitat de fracció orgànica dels residus municipals que es genera als Estats Units anualment seria suficient per generar la potència necessària per a 4,5 milions de llars.² Una de les tecnologies disponibles per capturar l'energia dels residus orgànics és la digestió anaeròbica (DA) (figura 1).³

La DA és un procés en què la matèria orgànica es degrada degut a l'acció conjunta de microorganismes per transformar-la en productes químics i energètics d'alt valor econòmic. La DA s'ha implementat majoritàriament per a la generació de biogàs (una barreja de CH_4 i CO_2 que es pot fer servir per produir electricitat) i un sòlid amb característiques fertilitzants a través dels residus orgànics, però el procés es pot modificar per obtenir hidrogen o productes químics d'alt interès industrial.⁴

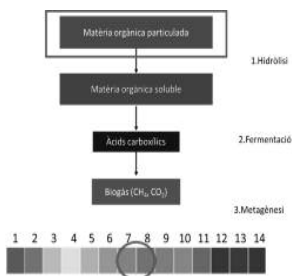


Figura 2. Procés de la DA simplificat

El procés de la digestió anaeròbica

El procés de la DA està dividit en tres etapes: hidròlisi, fermentació i metanogènesi (figura 2).

Durant la primera etapa, la hidròlisi, la matèria orgànica particulada és hidrolitzada per l'acció de microorganismes i enzims i esdevé matèria orgànica soluble. La matèria orgànica soluble és de fàcil accés per a la resta de les poblacions microbianes. Aquesta matèria soluble és llavors fermentada a àcids carboxílics i després aquests es converteixen en biogàs durant la metagènesi. Cada etapa del procés la realitzen diferents poblacions microbianes i és molt important mantenir un pH entre 7 i 8 per poder obtenir biogàs.⁵ Si es trenca l'equilibri entre l'activitat de les poblacions microbianes es poden acumular productes intermediaris com els àcids carboxílics. Aquest desequilibri pot afectar negativament la producció de biogàs, perquè si els àcids carboxílics s'acumulen el pH pot disminuir per sota de 7 i els microorganismes s'inhibeixen.

Un repte pendent: l'etapa hidrolítica

La DA s'ha implementat globalment per reduir el volum de residus orgànics, produir energia i disminuir les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle. Per exemple, a Europa hi ha 18.000 plantes de DA amb una capacitat de potència elèctrica de 10.000 MW.⁶ A més a més, la legislació vigent en el tractament de residus orgànics i energies renovables (2008/98/EC i 2009/28/EC) està promovent la instal·lació de més plantes de DA. Malgrat això, els components lignocel·lulòsics presents en alguns dels residus orgànics són molt difícils de degradar durant el procés de DA, especialment durant l'etapa hidrolítica.⁷ Els compostos lignocel·lulòsics es componen de polímers de cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina enllaçats entre si i són difícilment biodegradables, la qual cosa fa que l'etapa hidrolítica de la DA sigui molt lenta i que l'eficiència del procés sigui baixa. Aquests compostos es poden trobar en molts residus orgànics, com els residus de ramaderia o de menjar. Per accelerar l'etapa hidrolítica s'han estudiat diversos pretractaments físics, químics o biològics que poden trencar l'estructura lignocel·lulòsica; però, malauradament, la seva implementació és limitada degut a l'alt cost energètic.⁷

No obstant això, la natura té processos capaços de degradar els compostos lignocel·lulòsics en medis anaeròbics, molt similars al medi de la DA.^{7,8} Per exemple, la comunitat microbiana de l'estómac dels remugants (rumen) pot degradar els compostos lignocel·lulòsics que es troben en l'aliment del remugant de manera molt eficient.⁹ El contingut ruminal s'ha fet servir en experiments de laboratori com a inòcul o com a cosubstrat durant la DA de residus lignocel·lulòsics.¹⁰ Tot i així, encara no és clar quins són els mecanismes que ha de seguir la DA per mantenir l'activitat dels microorganismes provinents del rumen i degradar els compostos lignocel·lulòsics.

En aquest estudi s'ha analitzat l'ús del contingut ruminal durant la DA de residus lignocel·lulòsics per esbrinar quins són els mecanismes clau per biodegradar els compostos lignocel·lulòsics. Els resultats s'han fet servir per al disseny d'un nou digestor anaerobi que imita el comportament del rumen per hidrolitzar de manera eficient els compostos lignocel·lulòsics.



Figura 3. Dispositiu experimental per als experiments A i B

Materials i mètodes

Experiment A: ús del contingut ruminal com a inòcul durant la digestió anaeròbica

Durant aquest experiment es van utilitzar dos inòculs. Un inòcul era l'efluent d'una planta de DA que tracta residus de menjar i fems de vaca a Lansing, Michigan (inòcul DA).¹¹ El segon inòcul era contingut ruminal obtingut d'una vaca fistulada (inòcul rumen). Com a substrats es van fer servir *Pennisetum purpureum* i fems de vaca. La *Pennisetum purpureum* és un cultiu lignocel·lulòsic energètic de segona generació collida a Waimanalo Research Station (Waimanalo, HI, EUA). Abans d'utilitzar la *Pennisetum purpureum* es va triturar a una mida de 2 mm i es va assecar fins a disminuir el contingut d'humitat a un 10%.

Per a l'experiment A es van fer servir com a digestors dos ampolles de 2 litres (figura 3).

Els digestors es van operar amb una agitació permanent a 130 rpm i a una temperatura de treball de 39 °C per simular la temperatura del rumen (*gyrotory water bath shaker g76*, New Brunswick Scientific, NJ, EUA).¹² Els digestors s'operaven de manera semicontínua; cada dia s'obrien per treure digestat i alimentar el substrat. Els dos digestors contenen 1,3 L d'inòcul. El digestor Inoc_DA va ser inoculat amb 1,3 L de l'inòcul DA i el digestor Inoc_R va ser inoculat amb 1,3 L de contingut ruminal. Ambdós digestors van utilitzar com a substrat una barreja 30:70 (en pes humit) de *Pennisetum purpureum* i fems de vaca.

Per estudiar el rendiment dels digestors es va analitzar la quantitat d'àcids carboxílics (AGV) i el pH i es va mesurar la quantitat de metà produït. Les anàlisis es van efectuar seguint els procediments estandarditzats dels *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.¹³ La comunitat microbiana dels digestors també es va analitzar mitjançant la seqüenciació de l'ARN ribosòmic 16S a través d'illumina.

Experiment B: ús del contingut ruminal com a cosubstrat durant la digestió anaeròbica

Per a aquest experiment es van operar els digestors de manera similar a l'experiment A. La diferència és que ambdós digestors es van inocular amb 1.3 L d'inòcul DA i els substrats eren diferents. Per al digestor Co_FR es va utilitzar una barreja 25:60:15 (en pes humit) de *Pennisetum purpureum*, fems de vaca i contingut ruminal. Per al Co_R es va utilitzar una barreja

85:15 (en pes humit) de *Pennisetum purpureum* i contingut ruminal. Les anàlisis químiques i microbiològiques efectuades van ser les mateixes que durant l'experiment A.

Experiment C: disseny i operació d'un digestor que simula activitat ruminal

En el rumen, la part líquida i la part sòlida tenen un temps de retenció diferent (5-20 h per a la part líquida i 20-90 h per a la part sòlida).¹² Aquesta diferència és deguda a una acumulació de partícules en el conducte estret que uneix el rumen (primer estómac) amb el reticle (segon estómac). Aquestes partícules s'acumulen en aquest passatge estret fins que la mida de partícula disminueix degut a la degradació microbiana.¹² L'acumulació d'aquestes partícules entre el rumen i el reticle crea un biofilm que és ideal per al creixement de poblacions microbianes que poden degradar la lignocel·lulosa.¹⁴ Per simular aquest comportament natural, una malla d'acer inoxidable de 100 µm es va instal·lar a la part inferior del digestor, fet que va permetre el desenvolupament d'un biofilm (figura 4).

Per crear el biofilm, el contingut del digestor sedimentava durant 50 minuts sobre la malla. Un cop el biofilm és creat, una bomba peristàtica succiona el contingut del digestor cap a fora i a través del biofilm durant 2 minuts. En aquest cas, el biofilm es comporta com a membrana fent que el digestor operi a diferents temps de residència per al líquid (12 h) i el sòlid (60 h). Per evitar la saturació de la membrana, el contingut del digestor s'agita amb una vareta d'agitació equipada amb un raspall durant 8 minuts per trencar el biofilm. El digestor es va inocular amb 6 L de contingut ruminal i es va alimentar diàriament amb residus de menjar obtinguts al menjador de la Universitat de Michigan. Per tal de poder mantenir la comunitat microbiana del rumen, el pH es va controlar a 6,3.¹² Es van efectuar les mateixes anàlisis químiques i microbiològiques realitzades durant l'experiment A i B. A més a més, es va analitzar la quantitat de lignocel·lulosa a l'aliment i a l'efluent del digestor per estudiar la degradació.

Resultats i discussió

Experiment A: els bacteris del rumen acceleren la hidròlisi però desapareixen amb el temps

Durant els primers dies de l'experiment A, el digestor Inoc_Rumen presentava un pH molt baix (5.5-6.5) (figura 5).



Figura 4. Digestor que imita el comportament del rumen

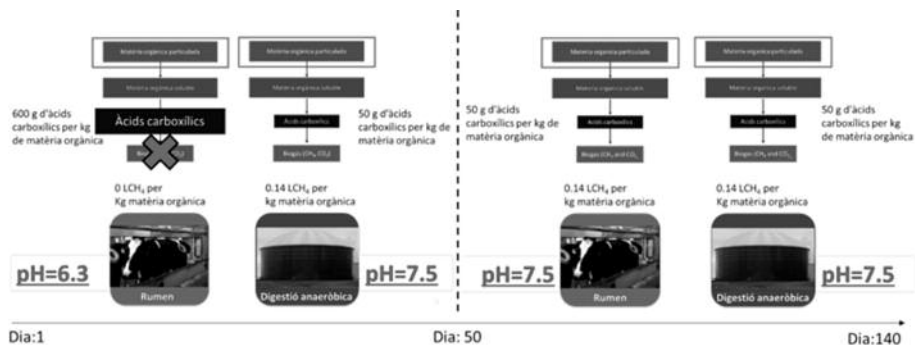


Figura 5. Evolució de l'experiment A

Es va intentar augmentar el pH mitjançant l'addició d' NH_4HCO_3 , però el pH disminuïa al cap d'un o dos dies d'afegir-hi NH_4HCO_3 . Durant aquest període la producció de biogàs en Inoc_Rumen era nul·la i la concentració d'àcids carboxílics era molt elevada (600 g/kg de matèria orgànica alimentada), motiu pel qual el pH del sistema disminuïa constantment. El digestor Inoc_DA no presentava inestabilitats, el pH era de 7,5, la concentració d'àcids carboxílics era de només 60 g/kg de matèria orgànica alimentada i produïa 0,14 L CH_4 /kg de matèria orgànica alimentada. Durant els dies següents (50-140), el pH al digestor Inoc_Rumen va augmentar i es va situar en 7,5, i la concentració d'àcids carboxílics va disminuir i la producció de biogàs va augmentar.

Quan es va analitzar la comunitat microbiana es va poder veure que Inoc_Rumen tenia microorganismes del rumen durant els 50 primers dies. Entre ells hi havia el bacteri *Fibrobacter*, un bacteri important per a la hidròlisi de la lignocel·lulosa. El fet de tenir bacteris hidrolítics accelerava les etapes d'hidròlisi i de fermentació, i les feia més ràpides que la metanogènesi. Degut a això, els àcids carboxílics s'acumulaven al sistema, fet que feia disminuir el pH i inhibir la producció de biogàs. Amb el temps, aquesta població de bacteris hidrolítics va disminuir i va ser completament substituïda per una nova comunitat microbiana desenvolupada a partir de les condicions del digestor (diferents de les del rumen) i de l'addició contínua de fems de vaca i *Pennisetum purpureum*. Com que ambdós digestors operaven de manera similar, la comunitat microbiana

en Inoc_Rumen i Inoc_DA era molt similar i no hi havia la presència de bacteris hidrolítics.

Conclusió: quan el contingut ruminal s'utilitza com a inòcul, la hidròlisi s'accelera només durant els primers 50 dies. Després, els bacteris hidrolítics desapareixen del sistema.

Experiment B: els microorganismes del rumen només s'activen a pH baixos (6,0)

En aquest experiment el contingut ruminal es va utilitzar com a cosubstrat per poder incorporar els bacteris hidrolítics i accelerar la hidròlisi de manera contínua. No obstant això, Co_R i Co_FR tenien la mateixa producció de biogàs i no hi havia indicis d'una acceleració de l'etapa hidrolítica (figura 6).

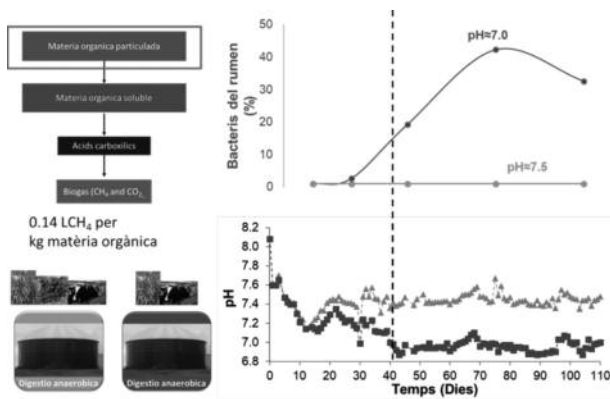


Figura 6. Resum dels resultats de l'experiment B

L'única diferència entre els dos digestors era que el pH a Co_R disminuïa continuament. Per tal de mantenir el pH al voltant de 7 i no inhibir el sistema, s'hi va afegir NH_4HCO_3 diàriament. El contingut ruminal és un cosubstrat àcidic i els fems de vaca són un cosubstrat amb una capacitat de *buffer* alta que permet mantenir el pH entre 7 i 8. Per aquesta raó, el pH només disminuïa a Co_R.

Amb les anàlisis de la comunitat microbiana es va poder veure que el percentatge de bacteris provinent del contingut ruminal augmentava en Co_R mentre el pH disminuïa. Co_FR tenia un pH de 7,5, ideal per a la producció de biogàs però no per al desenvolupament de bacteris provinent del rumen. El pH del

Bibliografia

- (1) HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. "What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management". *World Bank, Washing. DC* 2012.
- (2) BECKER, A. M.; YU, K.; STADLER, L. B.; SMITH, A. L. "Co-Management of Domestic Wastewater and Food Waste: A Life Cycle Comparison of Alternative Food Waste Diversion Strategies". *Bioresour. Technol.* 2017, 223, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.10.031>.
- (3) MATA-ÁLVAREZ, J.; DOSTA, J.; ROMERO-GUÍZA, M. S.; FONOLL, X.; PECES, M.; ASTALS, S. A. "Critical Review on Anaerobic Co-Digestion Achievements between 2010 and 2013". *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 36. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.039>.
- (4) SURENDRA, K. C.; SAWATDEENARUNAT, C.; SHRESTHA, S.; SUNG, S.; KHANAL, S. K. "Anaerobic Digestion-Based Biorefinery for Bioenergy and Biobased Products." *Ind. Biotechnol.* 2015, 11 (2), 103–112. <https://doi.org/10.1089/ind.2015.0001>.
- (5) APPELS, L.; BAEYENS, J.; DEGRÈVE, J.; DEWIL, R. "Principles and Potential of the Anaerobic Digestion of Waste-Activated Sludge". *Prog. Energy Combust. Sci.* 2008, 34 (6), 755–781. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>.
- (6) European Biogas Association. EBA Statistical Report 2017 <http://european-biogas.eu/2017/12/14/eba-statistical-report-2017-published-soon/> (accessed Feb 7, 2018).
- (7) SHRESTHA, S.; FONOLL, X.; KHANAL, S.; RASKIN LUTGARDE. "Biological Strategies for Enhanced Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass during Anaerobic Digestion: Current Status and Future Perspectives". *Bioresour. Technol.* 2017, 245, 1245–1257.
- (8) BAYANÉ, A.; GUIOT, S. R. "Animal Digestive Strategies versus Anaerobic Digestion Bioprocesses for Biogas

rumen és d'entre 5,5 i 6,5, un pH que no és compatible amb la producció de biogàs.¹² Co_R tenia un pH de 7,0, que és molt a prop del pH òptim per als bacteris del rumen. No obstant això, el fet que el pH estigués fora del rang de 5,5-6,5 permetia que els bacteris hi fossin presents però no estiguessin actius, i l'etapa hidrolítica no es va accelerar.

Conclusió: quan el contingut ruminal s'utilitza com a cosubstrat, els bacteris hidrolítics només acceleren la hidròlisi a pH si estan al voltant de 6,0.

Experiment C: canvi d'estratègia. Disseny i operació d'un digestor que simula activitat ruminal per a la producció de productes químics

El fet que els bacteris hidrolítics del rumen necessitin un pH inferior a 6,5 per créixer fa que no sigui possible utilitzar-los en un digestor anaerobi per degradar compostos lignocel·lulòsics i produir biogàs. Llavors, per poder degradar eficientment els compostos lignocel·lulòsics i recuperar la majoria de l'energia continguda en els residus orgànics, és preferible utilitzar la DA per produir productes químics com els àcids carboxílics. L'efluent de la DA amb una alta concentració en àcids carboxílics pot introduir-se en un altre procés per a la producció d'àcid caproic. L'àcid caproic s'utilitza com a agent antimicrobià, com a additiu alimentari per als animals o per a la producció de biocombustibles. Produir àcid caproic pot ser fins i tot més beneficiós que produir biogàs perquè els preus de l'àcid caproic són molt alts (1,88 and 2,09 €/kg).¹⁵ Amb motiu d'aquest experiment es va decidir dissenyar un nou tipus de digestor que imités el rumen per poder fer créixer els bacteris hidrolítics del rumen i produir un efluent amb una alta concentració d'àcids carboxílics. El digestor va treballar de manera semicontínua durant 110 dies. Al voltant del 60% de la matèria lignocel·lulòsica va ser degradada durant el procés, un valor bastant alt especialment en comparació amb el rumen en què un 25-60% de la matèria lignocel·lulosa es degrada.¹² A més a més, el 60% de la comunitat microbiana eren microorganismes que es troben també en el rumen. Un dels bacteris presents era el bacteri hidrolític *Fibrobacter*. Aquestes condicions van permetre que el 40% de la matèria orgànica es convertís en àcids carboxílics. Altres sistemes de fermentació poden arribar a convertir el 40% de la matèria orgànica en àcids carboxílics. No obstant això, el digestor dissenyat durant aquest projecte pot fer-ho el doble de ràpid gràcies a la

presència de bacteris hidrolítics. Això implica una disminució de costos de capital i que no es requereixi una gran àrea per a la instal·lació d'un digestor, un factor important per a Andorra, on el terreny és limitat.

Conclusió

La utilització de microorganismes del rumen per accelerar la hidròlisi i produir biogàs en un digestor anaerobi no és possible. Els microorganismes hidrolítics del rumen només poden treballar en un pH al voltant de 6,3, condicions que inhibeixen els microorganismes responsables de la producció de biogàs. El disseny i operació d'un digestor que imita el rumen va permetre la degradació del 60% de la matèria lignocel·lulòsica i la transformació del 40% de la matèria orgànica en àcids carboxílics. Aquest digestor es pot utilitzar com a precursor per a la producció de biogàs o d'altres productes com l'àcid caproic, un *commodity* d'alt interès industrial. El digestor es va operar amb un temps de residència hidràulic de 12 hores, molt més baix que el de la DA (mínim de 15 dies). Per tant, la instal·lació del digestor que imita el rumen necessitaria menys àrea i presentaria un cost d'instal·lació més baix que un digestor anaerobi per a la producció de biogàs.

Agraiments

Part d'aquest projecte va ser finançat per la Fundació Crèdit Andorrà.

Production from Lignocellulosic Biomass". *Rev. Environ. Sci. Bio/Technology* 2011, 10 (1), 43–62. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9209-4>.

(9) YUE, Z.-B.; LI, W.-W.; YU, H.-Q. "Application of Rumen Microorganisms for Anaerobic Bioconversion of Lignocellulosic Biomass". *Bioresour. Technol.* 2013, 128, 738–744. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.11.073>.

(10) FONOLL, X.; MEUWISSEN, T.; ALEY, L.; SHRESTHA, S.; RASKIN, L. "Development of Dynamic Membrane Bioreactor Based on Rumen Physiology for Efficient Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass". In *In IWA 16th Anaerobic digestion conference*; 2019.

(11) ADREC MSU digester <https://www.egr.msu.edu/bae/adrec/> (accessed May 12, 2017).

(12) McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G. *Animal Nutrition*, Seventh; Benjamin-Cummings Publishing Company, 2010.

(13) APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd ed.; Washington DC, 2012.

(14) MASON, P. M.; STUCKEY, D. C. "Biofilms, Bubbles and Boundary Layers – A New Approach to Understanding Cellulolysis in Anaerobic and Ruminant Digestion". *Water Res.* 2016, 104, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.07.063>.

(15) MOSCOVIZ, R.; TRABLY, E.; BERNET, N.; CARRÈRE, H. *The Environmental Biorefinery: State of the Art on the Production of Hydrogen and Value-Added Biomolecules in Mixed-Culture Fermentation*. 2018. <https://doi.org/10.1039/c8gc00572a>.



Guillem Francisco i Giné

Graduat en Enginyeria de
l'Energia per la Universitat
Politécnica de Catalunya i
investigador a l'Observatori
de Sostenibilitat d'Andorra



Guillem Francisco i Giné

Potencial d'aprofitament solar en cobertes d'Andorra

Resum

El principal objectiu del projecte és caracteritzar el potencial de l'energia fotovoltaica en les cobertes dels edificis del Principat d'Andorra. A diferència d'altres zones geogràfiques, la disponibilitat d'aquest recurs en zones de muntanya és molt heterogènia i resulta altament influenciada per la topografia i la variabilitat arquitectònica.

S'han realitzat tres anàlisis durant l'estudi per tal de caracteritzar en tots els àmbits les hipotètiques instal·lacions: anàlisi d'aprofitament del recurs solar, anàlisi econòmica i anàlisi mediambiental. A més, s'ha analitzat l'impacte de les polítiques de subvenció a la fotovoltaica i com afecten les rendibilitats de les instal·lacions.

Finalment, s'han creat diverses eines per divulgar els resultats a la població andorrana: una plataforma web pública en línia on es mostra un SIG amb els detalls de les hipotètiques instal·lacions i una eina per visualitzar els resultats sobre un model 3D interactiu.

1. Introducció i antecedents

Actualment, la situació energètica d'Andorra es caracteritza per una dependència gairebé total de l'exterior (>95%) i una alta supeditació als combustibles fòssils, un recurs finit i subjecte a una alta volatilitat tant en preu com en disponibilitat. En el cas de l'energia elèctrica, tan sols un 15% de la demanda nacional és generada de manera autòctona, gairebé íntegrament a partir de l'energia hidroelèctrica. El Pla estratègic de l'energia d'Andorra, 2006-2015 (1) ja identificava com a eix prioritari la diversificació de fonts energètiques, amb un especial interès a fomentar el desenvolupament de les energies renovables. El Llibre blanc de l'energia d'Andorra (2) aprofundeix en aquest àmbit estratègic i fa una primera estimació del potencial de les diverses fonts energètiques alternatives per al país.

L'energia solar ha demostrat tenir la capacitat de convertir àrees amb usos eminentment residencials i comercials en punts de generació d'energètica local. Grans ciutats com Barcelona o Boston han caracteritzat massivament les cobertes dels seus edificis per tal de determinar el potencial fotovoltaic i solar tèrmic de què disposen, i han mostrat els resultats obtinguts a través de plataformes web públiques per tal de fomentar la implantació de projectes de generació energètica a petita escala.

La Llei 85/2010 elimina el règim d'exclusivitat atribuït a l'Administració en matèria de producció d'energia elèctrica i permet la instal·lació de panells solars fotovoltaics per a potències inferiors a 500 kW, amb possibilitat de cedir a la xarxa la seva producció. També habilita el Govern per regular reglamentàriament l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaica, així com el procediment per a la posada en marxa i el control d'aquestes instal·lacions.

L'any 2013 va entrar en vigor a Andorra la reglamentació que regula les instal·lacions fotovoltaiques incorporades en edificacions i que en garanteix la venda de l'energia generada (Llei 5/2013). Aquesta Llei ha representat un impuls important en el desenvolupament de l'energia fotovoltaica al país. Tot i així, des d'un punt de vista tècnic, s'identifica una absència d'informació referent al potencial solar de les edificacions existents.

El Reglament de regulació de l'activitat de generació

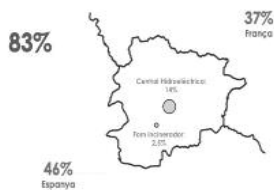
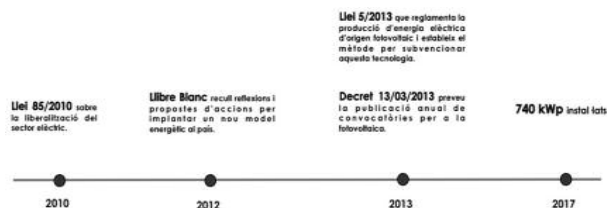


Figura 1. Origen de l'electricitat, 2016

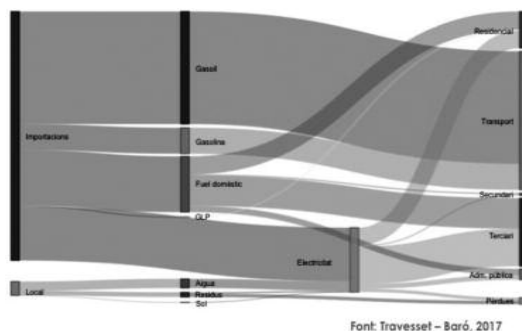
d'energia elèctrica d'origen fotovoltaic en instal·lacions integrades en edificacions i interconnectades a la xarxa de baixa tensió estableix les prescripcions tècniques i administratives que regulen la producció d'electricitat en instal·lacions que estiguin incorporades en tancaments o cobertes d'edificacions. Així mateix, el Decret del 13-03-2013 preveu la publicació periòdica de convocatòries per a la inscripció de les instal·lacions al Registre d'Instal·lacions Fotovoltaïques (RIFV), amb indicació de la quota de potència i de la tarifa de compra (esquema *feed-in tariff*). El Govern compensa econòmicament les empreses distribuïdores pel sobrecost generat per la compra d'energia fotovoltaica mitjançant l'abonament de la diferència entre el cost suportat per la compra d'energia d'origen fotovoltaic i el cost que haurien satisfet per la mateixa quantitat d'energia elèctrica a la tarifa C de les tarifes elèctriques oficials aplicables a les empreses distribuïdores.

Figura 3. Model energètic 2015.
Font: Travesset-Baró, 2017



A la pràctica, l'energia solar fotovoltaica es comença a desplegar a Andorra a partir de l'any 2013. A finals del 2015 es disposava d'una potència instal·lada de 342 kWp, amb la qual es van generar 250 MWh al llarg de l'any.

Figura 2. Canvi de model energètic



Aquest article s'emmarca en el projecte "Potencial d'aprofitament solar en cobertes d'edificis del Pirineu" de la CTP (Comunitat de Treball dels Pirineus) amb l'objectiu principal de caracteritzar el potencial de l'energia solar, tant la fotovoltaica com la tèrmica, integrada en edificis a diferents zones del Pirineu i molt especialment a Andorra. Aquest projecte s'ha centrat a caracteritzar el potencial de l'energia solar fotovoltaica integrada en edificis a tot el país. A diferència d'altres zones geogràfiques, la disponibilitat d'aquest recurs en zones de muntanya és molt heterogènia, i està altament influenciada per la topografia i la variabilitat arquitectònica. En aquest sentit, aquest projecte analitza diferents casos amb l'objectiu d'entendre millor la influència d'aquests aspectes sobre el potencial solar i, per tant, poder establir un mètode que s'adapti adequadament a zones d'alta muntanya. Un dels elements clau del projecte és la implementació d'una plataforma pública en línia per mostrar la distribució de la capacitat d'aprofitament d'aquest recurs en les diferents zones d'estudi. Aquesta eina permet aportar informació als usuaris sobre el potencial energètic, la rendibilitat econòmica o els estalvis mediambientals de les hipotètiques instal·lacions fotovoltaïques en les cobertes dels seus edificis.

2. Metodologia desenvolupada

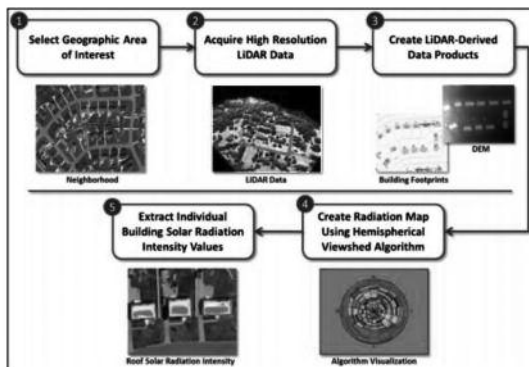
2.1. Estat de l'art

Actualment, grans ciutats com Barcelona o Boston estan caracteritzant massivament el potencial solar de les cobertes de les respectives ciutats per permetre als ciutadans consultar dades relacionades amb les hipotètiques instal·lacions a través de pàgines web. Ambdós projectes utilitzen dades de la radiació anual, la modelització *Light Detection and Ranging* (LiDAR) i la delimitació de les cobertes per obtenir resultats estimatius del potencial màxim d'energia fotovoltaica i solar tèrmica per a cadascun dels edificis o construccions.

Així doncs, les metodologies més acurades d'estimació del potencial solar en ciutats actuals estan basades en el *GIS-based methods* i segueixen detalladament la metodologia descrita en l'article "Methodology for estimating solar potential on multiple rooftops for photovoltaic systems", de Jeffrey B. Kodysh (3).

Figura 4. Esquema de la metodologia

Font: "Methodology for estimating solar potential on multiple rooftops for photovoltaic systems", de Jeffrey B. Kodys



Aquesta tipologia d'estudis presenta una gran complexitat, ja que els algorismes que s'utilitzen per calcular la radiació solar són molt potents i permeten obtenir resultats molt acurats comparats amb la realitat.

Altres estudis, com "Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis", de Taehoon Hong (4), introdueixen un pas previ a la simulació que consisteix bàsicament en un estudi d'ombres. S'analitza com aquestes ombres provocades pels mateixos edificis o l'entorn influeixen en el percentatge de l'àrea disponible a l'hora d'instal·lar els panells fotovoltaics. En la figura 5 podem observar l'estudi d'ombres per a una zona determinada al llarg d'un dia.

En relació amb l'aplicació d'aquesta metodologia en zones d'alta muntanya, s'ha realitzat l'estudi "Evaluation of photovoltaic integration potential in a village", de Georgios Mavromatidis (5), en què s'introdueix el factor d'influència de la topografia del terreny. Es construeix *Digital Elevation Model* (DEM) amb els edificis i les muntanyes de la regió d'estudi i es fa la simulació. Per tant, realitzant aquest tipus d'estudis en zones d'alta muntanya es pot quantificar la influència de la topografia del terreny. Tot i això, en aquest estudi no s'indica quins factors han seguit per tal de delimitar la zona muntanyosa del DEM, i per tant podrien estar obviat algunes altres zones que també podrien influenciar en els resultats.

2.2. Descripció de la metodologia aplicada

2.2.1. Caracterització del recurs solar

Seguidament es detallen els passos seguits per poder obtenir el recurs solar disponible per a cada una de les cobertes del Principat. A la figura 5 s'exemplifica de forma gràfica:

1. Caracterització de les cobertes. Generació d'una capa vectorial 2D amb format SIG (sistemes d'informació geogràfica) que delimiti adequadament la geometria dels edificis.

2. Caracterització del terreny i dels edificis. Generació d'un model digital d'elevacions (MDE) mitjançant dades LiDAR. Aquesta tecnologia permet generar models d'alta precisió en tres dimensions, i permet captar factors essencials en la interacció entre la radiació solar i les cobertes; ombres generades pel terreny o bé per infraestructures pròximes.

3. Simulació de la irradiació. Per calcular la radiació incident en l'àrea d'estudi s'ha utilitzat l'eina Solar Analyst d'ArcGis, la qual estima el valor d'irradiació per a cada punt de l'MDE.

4. Extracció de la radiació incident en les cobertes. Un cop tenim la simulació anual de la regió d'interès, el pas següent és combinar la capa vectoritzada de les cobertes amb la capa de la radiació solar.

5. Extracció de la radiació lldar incident en les cobertes. Filtració dels punts del ràster de la radiació solar que no assoleixin el llindar mínim de 1.000 hores pic solar (HSP), equivalent a 1 kWh/m², per tal d'eliminar les parts no rendibles de les cobertes.

2.2.2. Anàlisi tècnica

L'objectiu d'aquest projecte era calcular el potencial energètic, la rendibilitat econòmica i els estalvis mediambientals de les possibles instal·lacions en les diferents cobertes de les regions d'estudi. Per aquest motiu, en aquest capítol es justificaran tots els càlculs que s'han efectuat a partir de les simulacions mensuals de l'any 2015 per obtenir els resultats finals.

Anàlisi d'aprofitament del recurs. A partir de la superfície de la coberta, la irradiació solar útil i el mòdul Peak Energy BLK2 Series de la marca REC, s'obté tres indicadors molt rellevants: nombre de mòduls fotovoltaics, potència instal·lable i electricitat generada durant un any.

Anàlisi econòmica. L'anàlisi econòmica és un dels aspectes



Figura 5. Etapes de la caracterització del recurs solar per coberta

més importants que s'han de tenir en compte, ja que ens permetrà classificar les instal·lacions segons la rendibilitat econòmica. Dins d'aquesta anàlisi es tenen en compte diversos factors: els costos de les instal·lacions (compra dels mòduls i instal·lació) amb la finalitat de poder calcular la inversió total, els costos de manteniment associats a les instal·lacions (revisions, canvi de peces...) i, finalment, un dels aspectes més importants, les polítiques de subvencions. Fins al 2018, el Govern proposava una política de subvencions basada en l'esquema *feed-in tariff*; és a dir, l'energia generada per les instal·lacions s'introdueix a la xarxa elèctrica i a canvi es rep una compensació econòmica de 0,0808 €/kWh. A partir del 2018, el Govern canvia a una política de subvenció directa amb què se subvenciona fins al 40% del preu final de la instal·lació, aplicant un llindar màxim de 20.000 €. A partir d'aquests factors es calculen quatre indicadors: inversió estimada, ingressos anuals, període de retorn i el benefici acumulat al final de la vida útil de la instal·lació.

Anàlisi mediambiental. Quant a l'anàlisi mediambiental, s'estudien dos factors. En un primer instant es calculen les tones de CO₂ que estalviariem en cas que es realitzés la instal·lació, tenint en compte les emissions associades a l'electricitat consumida a Andorra en funció de la seva procedència. Seguidament es calcula el nombre de pisos al qual es podria garantir el subministrament d'energia elèctrica a partir de la generació de la pròpia instal·lació en funció del consum de la mitjana d'energia elèctrica per habitatge a Andorra.

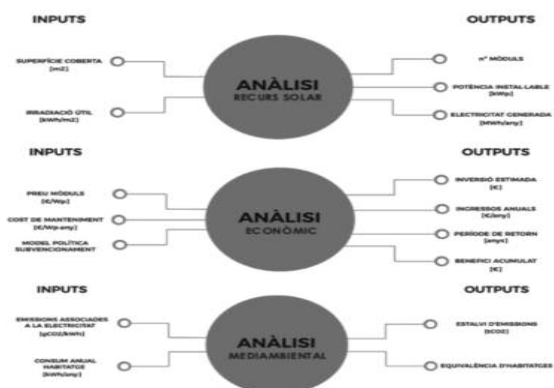


Figura 6. Inputs/outputs per a les diferents anàlisis

3. Resultats i discussió

La taula 1 recull els indicadors més rellevants agregats per parròquies, obtinguts després d'efectuar les diferents anàlisis. Sumant el potencial solar fotovoltaic d'aquestes parròquies es podrien generar anualment 98 GWh. Si comparem aquesta generació amb el consum elèctric del 2016, observem que representa el 18%. Els resultats obtinguts no es corresponen amb les dades presentades en el Llibre blanc de l'energia d'Andorra, en què es calculava que es podrien generar fins a 18 GWh anuals tenint en compte tot el potencial solar fotovoltaic del país.

Parròquia	Electricitat generada [GWh/any]	Llars	Percentatge de demanda [%]	Estalvi d'emissions [tCO ₂]
Ordino	7,4	1.500	22	26.696
Andorra la Vella	36	7.500	22	130.258
Sant Julià de Lòria	10	2.100	15	36.079
Escaldes-Engordany	17	3.600	17	62.629

Taula 1. Indicadors agregats per parròquies

Un altre factor que ens ha resultat molt interessant és l'estalvi d'emissions que es podria obtenir. En el mateix Llibre blanc de l'energia d'Andorra s'indica que durant el 2011 Andorra va emetre al voltant 521.900 tones de CO₂ equivalent. Tenint en compte un estalvi anual del conjunt de les instal·lacions de 12.783,1 tones de CO₂ equivalent, aleshores podríem reduir fins a un 2,5% d'aquestes emissions.

Pel que fa a la rendibilitat i el període de retorn, s'estableix una classificació (taula 2) que ens permetrà classificar les instal·lacions en funció del període de retorn.

Molt bo	< 8 anys
Bo	8-10 anys
Moderat	10-13 anys
Baix	13-20 anys
No aprofitable	> 20 anys

Taula 2. Classificació segons retorn

Segons la classificació esmentada, en les figures 7 i 8 es mostren les rendibilitats econòmiques de les instal·lacions en funció de les diferents polítiques públiques plantejades pel Govern. Destaca que en ambdós escenaris les rendibilitats són

Figura 7. Rendibilitat econòmica amb polítiques de subvenció el 2017

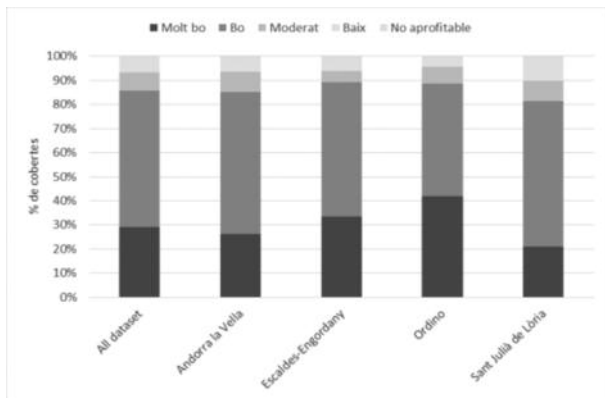
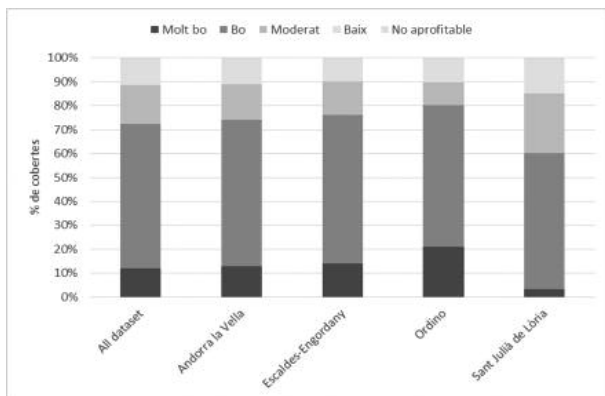


Figura 8. Rendibilitat econòmica amb polítiques de subvenció el 2018



molt bones, i tan sols un 7% de les cobertes del país són no rendibles fins al final de la vida útil dels panells fotovoltaics. A més, la major part de les cobertes presenten períodes de retorn d'entre vuit i deu anys. Remarquem que la política de subvenció prèvia al 2018 presenta resultats molt més bons pel que fa al període de retorn.

Si fem una comparació binària entre les diferents polítiques de subvenció (figura 9) -és a dir, per cada coberta comparem el període de retorn pels dos escenaris-, resulta que el 70% de les cobertes empitjora la rendibilitat i el 30% la millora.

Tanmateix, a la figura 10 podem observar que la política de subvenció plantejada el 2018 té com a intenció promoure les



Figura 9. Comparativa binària entre polítiques de subvenció

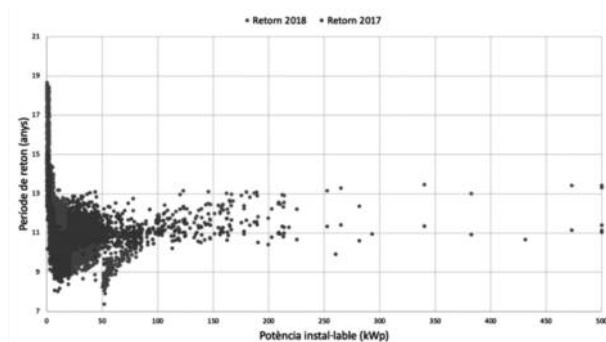


Figura 10. Període de retorn vs. potència instal·lable

instal·lacions de mida petita (<20 kWp) i “penalitzar” les instal·lacions més grans per evitar obtenir grans beneficis al final de la vida útil de les instal·lacions.

En general cal destacar que el potencial solar del país es pot considerar bo, i més si tenim en compte que són zones d'alta muntanya en les quals la topografia del terreny limita consideradament aquest recurs durant certes èpoques de l'any. S'ha demostrat la gran dependència que tenen les instal·lacions fotovoltaïques de l'aspecte econòmic: preus de mòduls fotovoltaïcs, costos de manteniment, tipologia de la subvenció..., tot i que a llarg termini aquesta tecnologia acabarà sent més competitiva, ja que els preus per kW de potència disminuiran i l'eficiència dels mòduls augmentarà.

Bibliografia

- 1- Govern d'Andorra. Pla estratègic de l'energia d'Andorra, 2006-2015. A: . 2007.
- 2- Govern d'Andorra. Llibre blanc de l'energia d'Andorra. A: . 2012.
- 3- KODYSH, J.B. *et al.* "Methodology for estimating solar potential on multiple building rooftops for photovoltaic Systems". A: *Sustainable Cities and Society* [en línia]. Elsevier B.V., 2013, vol. 8, p. 31-41. ISSN 22106707. DOI 10.1016/j.scs.2013.01.002. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2013.01.002>
- 4- HONG, T. *et al.* "Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis". A: *Applied Energy* [en línia]. Elsevier Ltd, 2017, vol. 194, p. 320-332. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2016.07.001. Disponible a: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261916309424>
- 5- MAVROMATIDIS, G.; OREHOUNIG, K. I CARMELIET, J. "Evaluation of photovoltaic integration potential in a village". A: *Solar Energy*. Elsevier Ltd, 2015, vol. 121, p. 152-168. ISSN 0038092X. DOI 10.1016/j.solener.2015.03.044

Amb la realització d'aquest projecte s'obtenen diversos resultats útils per a la ciutadania i també per a l'Administració pública. En un primer moment, i gràcies a la implementació de la pàgina web www.obsa.ad/solar i de les projeccions del CityScope (un model 3D del país), els ciutadans tenen accés a informació sobre les diferents instal·lacions fotovoltaïques en els edificis del Principat, i es fan una primera idea del potencial d'aquestes instal·lacions i de les rendibilitats econòmiques. D'altra banda, l'Administració pública podrà fer servir els resultats de cara a perfeccionar les noves estratègies per poder assolir els objectius amb vista a l'Horitzó 2050, ja que els estudis que s'han realitzat fins ara sobre la fotovoltaica discrepen dels obtinguts en aquest projecte.

A banda dels resultats obtinguts, cal remarcar que aquesta tipologia de projectes és de gran importància per fomentar la recerca i la col·laboració entre diverses institucions dins del país.



Un dels pilars de la fundació és treballar i inculcar la cultura de la innovació des de les primeres etapes educatives fins a les generacions que estan a punt de fer el salt al món professional. En aquest àmbit, Actuatech ha fet diverses actuacions per fomentar la cultura de la innovació tant a infants com a jovent.

D'altra banda, recentment ha evolucionat molt el desenvolupament de petits sensors de baix cost que permeten la sensorització i la recollida de dades tant en entorns oberts com entorns tancats (Intille et al., 2005; Igoe, 2011).

Un dels projectes en aquest àmbit és el de TerMITes. Un dels principals puntals d'aquest projecte va ser la multidisciplinarietat dels actors participants, que també pretén buscar la introducció en els alumnes de la necessitat d'equips interdisciplinaris i de diferents àmbits en el desenvolupament de projectes d'innovació. Així, en el projecte hi van prendre part institucions com l'escola de maternal i primera ensenyança d'Andorra la Vella –emplaçament on es va dur a terme el projecte–, FEDA, el Centre de Formació Professional d'Aixovall, la Universitat d'Andorra, l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra i el Massachusetts Institute of Technology (MIT).

En el marc del projecte es van desplegar un conjunt d'eines i sensors per tal de poder observar la relació entre el comportament humà i el consum d'energia. La plataforma, en una versió de prototip que encara requereix calibratge i proves addicionals, es va desplegar amb uns 80 sensors repartits per algunes de les classes de l'escola per recollir dades i estudiar l'impacte real de la vida al centre sobre el consum energètic de l'edifici (figura 1) (*El Periòdic d'Andorra*, 2016). Els sensors van permetre recopilar informació sobre la temperatura, la lluminositat a les aules, la presència i el nivell de CO₂, i hi havia alguns sensors que detectaven l'obertura o el tancament de portes i finestres de les aules.

Marc Pons i Pons

Doctor en Enginyeria de la Sostenibilitat, investigador al CENMA, director de l'Observatori de Sostenibilitat d'Andorra d'Actuatech



Marc Pons i Pons

Bruno Bartolomé i Levos

Director de l'Escola Maternal i Primera Ensenyança de l'Escola Andorrana d'Andorra la Vella



Bruno Bartolomé i Levos

Projecte terMITes: sensors, educació i energia

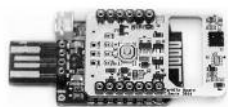


Figura 1. Exemple de sensor



Figura 2. Exemple de la plataforma per explorar les dades recollides pels sensors

El projecte també té un component eminentment educatiu i interactiu, ja que ensenya als estudiants què són els sensors i com poden interactuar-hi, i millora l'experiència de l'usuari. D'aquesta manera els nens aprenen conceptes sobre noves tecnologies, sensors i programació i tractament de dades, alhora que reflexionen i aprenen sobre la relació entre les seves accions diàries i les implicacions energètiques del seu comportament o com poden actuar per reduir el consum energètic a l'escola (figura 2).

Aquesta plataforma, a part de ser utilitzada per poder recopilar i explorar les dades recollides pel diversos sensors, també permetia als alumnes interaccionar i fer un retorn introduint dades sobre el confort a l'aula i el seu estat anímic. Durant tot el procés també es van anar fent diferents tallers amb els actors involucrats en el projecte. Un d'aquests tallers va consistir en l'intercanvi entre estudiants i investigadors del MIT. Aquest taller també va servir per apropar la visió de la investigació, sovint relacionada amb laboratoris i personal amb bates. Els estudiants van poder preguntar i discutir sobre els diferents aspectes del treball dels investigadors, la seva forma de treballar, com també sobre els sensors en concret. D'altra banda, també es van fer tallers de formació de formadors entre els docents de l'escola i el personal de la Universitat d'Andorra per treballar la introducció de la formació en noves tecnologies a l'escola i el desenvolupament de competències STEM. També es van organitzar intercanvis amb investigadors i tècnics de FEDA i de l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra per tal d'intercanviar idees sobre diferents aspectes del projecte i al voltant de les temàtiques de l'energia, la sostenibilitat i el canvi climàtic.

Finalment, en el marc del projecte es va desenvolupar, per part d'estudiants de formació professional de l'escola d'Aixovall, un servidor per recollir i visualitzar les dades que posteriorment es va fer servir per mostrar les dades en la plataforma als estudiants i poder fer-ne una anàlisi.

L'experiència per part de l'equip docent de l'escola va ser molt gratificant ja que va permetre abordar un projecte des de diverses competències i amb interdisciplinarietat, així com la interacció amb professionals de diferents àmbits i punts de vista, que va enriquir molt l'experiència. El projecte va permetre introduir temàtiques com l'electrònica, la programació o el tractament de dades, que sovint a edats tan

primerenques són més abstractes, de forma didàctica i motivadora. Aquesta interdisciplinarietat del projecte no només ha aportat als docents i alumnes, sinó que també ha servit per explorar el potencial d'altres actors, com FEDA i la Universitat d'Andorra o l'escola de formació professional, per començar a estructurar projectes interdisciplinaris i multinivell que acaben reportant beneficis d'aquests diferents punts de vista i que resulten en sinergies i retroalimentacions molt interessants per a tots els actors, i a visionar projectes que de forma aïllada cap dels actors podria desenvolupar.

A banda d'aquest projecte, s'han fet diferents tallers adreçats a escoles en què s'han treballat de forma temàtica aspectes relacionats amb el tractament de la informació, la seva representació visual per fer-ne una interpretació, i la reflexió sobre l'ús de les dades, per exemple, per analitzar aspectes de la ciutat i l'urbanisme (Data Mind for Young Minds); o aspectes sobre l'energia, la producció d'energia fotovoltaica o les implicacions del tipus de materials en el consum final d'energia dels edificis (taller Looking at Energy).

Així doncs, projectes com aquest han permès mostrar la necessitat i el potencial de començar a desenvolupar competències en l'àmbit de la innovació i el que es coneix com a STEM (ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques), així com trencar l'enfocament de treball en "sitges" (de forma aïllada entre àmbits i actors) cap a una forma de treballar projectes de forma multinivell i multidisciplinària, competències cabdals per fer front de forma eficient i eficaç als principals reptes que tenim i tindrem com a societat.

Bibliografia

El Periòdic, 2016.

<https://www.elperiodic.ad/noticia/53747/si-la-classe-esta-carregada-hem-dobrir-la-finestra>

IGOE, T. (2011) *Making things talk*.

SEBASTOPOL, CA: Maker Media

STEPHEN S. INTILLE, KENT LARSON, J. S.

BEAUDIN, J. NAWYN, E. MUNGUIA

TAPIA, AND P. KAUSHIK (2005). "A

living laboratory for the design and

evaluation of ubiquitous computing

technologies". *A CHI '05 Extended*

Abstracts on Human Factors in

Computing Systems (CHI EA '05).

ACM, New York, NY, USA, 1941-

1944.



Taula rodona Energia: renovant el present, treballant pel futur



F. Xavier Gómez i Vargas, Carles Miquel i García, Jordi Bescó i Ruiz i Marta Fonolleda (moderadora)

Jordi Bescó i Ruiz

Enginyer en Electrònica Industrial i Automàtica a/per la Universitat de Vic, enginyer tècnic industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya i gerent de Origina Solucions Energètiques



Jordi Bescó i Ruiz

Jordi Bescó i Ruiz

Bona nit a tots. Moltes gràcies per convidar-nos. La visió des del sector privat, sincerament, no ha de divergir gaire de la del sector públic, perquè l'energia és una cosa molt transversal. És una cosa que no notem que hi és. Ens hem acostumat a viure força bé, i en part ha estat gràcies a la disponibilitat d'energia a un preu molt raonable, perquè s'ha fet accessible a tothom. De fet, la manera com funcionem aquí és gràcies a l'energia. En l'àmbit privat, pel que fa als projectes en els quals treballem, ens hem especialitzat una mica a treballar en energia i sostenibilitat, en medi ambient i també en residus. Aquest darrer any, o aquests dos darrers anys, sí que s'ha notat moltíssim també aquí al Principat la demanda de projectes en els quals el que es busca és la màxima eficiència energètica. Això, sobretot vinculat a l'edificació, ha estat gràcies a les normatives que s'han desenvolupat des del Govern, que ens han permès a tots els tècnics, a tots, transversalment, tenir una idea que l'energia és important. Ens ha passat –potser també ens va passar–, com explicaven abans els professors, que quan els han posat els sensors i altres la primera reacció ha estat: ostres!, això, exactament, què vol dir? No només el Govern, sinó la societat ens està portant cap aquest tipus de projectes. Respecte a aquest tipus de projectes sobretot voldria destacar –probablement en parlarà més el Carles– que no només hem estat treballant en projectes passius, sinó també en projectes de producció d'energia. Fins ara aquests anys enrere es treballava molt en el fet que l'edificació gastés el mínim

possible. Això és una màxima que hem tingut també aquí al país a l'hora de funcionar, també com a persones, perquè a l'hora de gastar hem de mirar de ser tan estalviadors com sigui possible. És el que s'intentava. Això de vegades ens porta –abans es parlava– a edificis que poden estar malalts per un costat i a inversions que són realment difícilment assumibles perquè són difícilment amortitzables.

Darrerament, des d'Europa també ens han marcat la línia de combinar els projectes que es facin, tant des del punt de vista de l'estalvi energètic com des de l'eficiència de la producció energètica, i sobretot marcant energies renovables.

Una mica la tendència és que cada edifici –abans hem vist la fotovoltaica– produeixi per si mateix el màxim d'energia possible. Treballem en temes d'energies renovables. Sobretot ens hem especialitzat en xarxes de calor alimentades amb biomassa. N'hem fet una, n'hem dissenyat una amb geotèrmia. Estem treballant moltíssim darrerament, sobretot aquests dos darrers anys, amb temes de win-win, que diuen els anglesos, per transformar el que és un residu en un subproducte i poder-lo aprofitar i valoritzar energèticament. Abans, en una de les presentacions, també hem vist un dels exemples. En línia amb això, des d'aquí, des del Principat, hem desenvolupat un petit estudi pilot que ens permet estudiar a petita escala, però a escala real en situacions reals, el que és la producció de biogàs partint d'energia residual. El que ens ha portat a treballar amb aquestes coses i a tenir coneixements de primera mà és el fet que fa uns anys vam començar a treballar com a empresa de serveis energètics, amb la qual cosa no només hem anat al client i li hem dissenyat el projecte, sinó que després el client ens ha obligat a portar-lo, a fer que el que havíem previst fos una realitat. Aquesta ha estat la nostra gran escola com a enginyeria per aprendre o veure si allò que estàvem dissenyant o que es deia realment estava operant o no. Aquí, a part dels resultats, perquè és una escola on cada dia aprenem amb el dia a dia, el que hem pogut arribar a concloure és que els càlculs o els sistemes de càlculs de rendiments energètics que utilitzàvem, que eren estandarditzats, estan força lluny de la realitat.

Carles Miquel i Garcia

De fet, donaré continuïtat al missatge del Jordi, que és molt encertat. Finalment, representa molt bé la realitat del context

Carles Miquel i Garcia

Enginyer superior en Aigua i Medi Ambient i enginyer tècnic en Obres Públiques i Cap de l'Oficina de l'energia i del canvi climàtic del Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat del Govern d'Andorra



Carles Miquel i Garcia

energètic actual a Andorra i bona part, en aquest cas, del sector empresarial. Des de l'Administració, en aquest cas, el que s'ha fet o el que s'està fent, o els grans projectes que s'estan treballant o s'han treballat en aquests anys, dona continuïtat a un model que, amb una preocupació en aquest cas, es va engegar a mitjans de la primera dècada del 2000, en què es va elaborar el Pla estratègic de l'energia i es van definir tota una sèrie d'actuacions, una sèrie de línies de treball. Posteriorment, el 2012, es va elaborar el Llibre blanc de l'energia, que tenia per objecte fer una diagnosi de la situació energètica nacional i de quines eren les evolucions pel que fa a demanda del país, i identificava eventualment dificultats que impedièren el desenvolupament, el cobriment d'aquesta demanda. Finalment, i a partir d'aquí, es van proposar tota una sèrie d'actuacions. És bàsicament a partir de l'any 2015 que es basteixen les bases d'aquest nou context o model energètic, si més no des del punt de vista normatiu. D'una banda, primer amb la llei del 2016, que va donar forma a quines eren les funcions de Forces Elèctriques d'Andorra i del sector del fred i de la calor i les va establir, es preveia, es donava, es conferia a FEDA la possibilitat de generar energia elèctrica d'altres orígens, com ara la cogeneració o la trigeneració, produint igualment calor i fred. Es donava també la possibilitat al Govern de concedir concessions relatives a la producció d'energia elèctrica de fred o de calor, i s'obria la porta a partenariats públics o privats que poguessin participar en la confecció d'aquest nou model que es presentava, que requerirà òbviament moltes inversions però que també és un model necessari. Donant continuïtat a tot plegat i una mica més recentment, el Govern ha treballat en l'elaboració del Pla sectorial d'infraestructures energètiques d'Andorra i, en paral·lel, en el Projecte de llei de transició energètica i de canvi climàtic, actualment a tràmit parlamentari. Pel que fa al primer, en el sentit del que explicava el Jordi, és un pla que és una mica comú als dos últims instruments que comentava. S'ha volgut partir d'un full en blanc identificant, en el cas del Pla sectorial, quins eren els potencials i centrant-se molt en temes d'energies renovables. Els potencials que presentava el país, com en l'àmbit de la radiació solar, en què hem col·laborat posteriorment amb l'Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra a l'efecte de donar a conèixer aquesta informació, inclús vincular-la amb línies d'ajuts que el

Govern tenia engegades. A partir del 2018, aquest any, hem canviat una mica la configuració d'aquest model passant de subvencionar la compra de l'energia elèctrica a ajudar per a la compra de la instal·lació. Són models una mica diferents. És veritat que també els preus relatius a les instal·lacions, a la mateixa tecnologia, han baixat molt i, per tant, també entenem que amb un model en què, com veurem amb el Projecte de Llei de transició energètica i de canvi climàtic, el que es vol fer és afavorir aspectes com ara l'autoconsum, la producció distribuïda, ja no hi tenen cabuda. Es fa difícil ara justificar amb aquest nou canvi de model la subvenció de la compra d'energia a tarifes per sobre del preu de cost de la mateixa energia. Com deia, per tant, tornant al Pla sectorial i identificant els potencials, hem parlat del solar i igualment s'ha fet des del punt de vista hidràulic a l'efecte de produir energia elèctrica. S'han identificat instal·lacions que tenen un interès per al país. S'han identificat igualment instal·lacions de cogeneració que poden donar resposta a zones que tenen demandes importants i, d'alguna manera, també hi ha una alternativa possible a les fonts d'energia actuals. Tot plegat s'ha fet des de la perspectiva d'un estudi ambiental de tot el territori en el marc d'un estudi de sostenibilitat ambiental. Per tant, s'han coordinat finalment aspectes lligats tant al medi ambient com a la tecnologia, també des del punt de vista econòmic. Després, en paral·lel i com a tercer instrument, finalment hi ha la Llei, el projecte de Llei que tenim a tràmit parlamentari actualment, que possibilita noves activitats, que genera possibilitats d'incrementar la sobirania energètica nacional, que genera i aporta més informació i garanties a l'usuari o al client energètic i que, d'alguna manera, el que fa és afavorir un model més sostenible, ja que incorpora bona part de l'energia renovable i afavoreix finalment conductes que ens han de portar a potenciar, com dèiem, l'autoconsum i la generació distribuïda. Una mica per fer la síntesi del que s'està fent actualment.

Xavier Gómez i Vargas

Bona nit a tots. És molt interessant ser el darrer de tots perquè així vas agafant idees. Us ho agraeixo moltíssim i agafaré un parell d'idees que heu deixat sobre la taula que crec que són molt interessants. Des del punt de vista educatiu o pel que fa a educació per la sostenibilitat, l'àmbit en què nosaltres

F. Xavier Gómez i Vargas

Llicenciat i Doctor en Ciències Ambientals per la Universitat Autònoma de Barcelona i responsable del Centre Andorra Sostenible



F. Xavier Gómez i Vargas

treballem, l'energia, en certa manera és una miqueta l'aneguet lleig de la pel·lícula, i no em mal interpreteu però sovint és una mica difícil tractar-lo en l'àmbit de l'educació. Per què és difícil tractar-ho? Com bé deia el Jordi, el concepte *estat del benestar*, el que ens envolta, en certa manera no ens ha fet viure a ulls dels infants o dels joves una crisi tan evident o una problemàtica tan evident com pot ser la problemàtica dels residus. Sempre em sentireu a parlar de la sensibilització en l'educació ambiental en termes de residus perquè és un dels exemples més clars. Amb l'energia això no passa. Amb l'energia tenim un cert estat del benestar i en certa manera no veiem les conseqüències del nostre model de consum energètic, ni tampoc ens fem preguntes sobre d'on ve l'energia que consumim. Amb els residus passa a l'inrevés. Nosaltres els generem i desapareixen per art de màgia sota la catifa. L'estat del benestar també produeix això, però ens serveix per fer molta pedagogia; en canvi, amb l'energia és molt difícil. Primer per això. Després, fixeu-vos en una dada molt interessant que ha donat el Carles: l'any 2015, un nou model energètic. Nosaltres estem fent educació ambiental, treballem tot l'àmbit de l'educació ambiental heretat de tots els, diguéssim, corrents pedagògics que s'han derivat de les conferències anticrisi que han sorgit del projecte d'agendes 21. Si us hi fixeu, amb les escoles treballem aspectes que estan referits a l'ambientalització dels centres escolars, l'ambientalització de l'entorn de les escoles, és a dir, dels edificis, dels elements que tenim, i també l'ambientalització del currículum. Tot això ens queda una miqueta orfe si ens adonem que el 2015 s'està agafant com una referència per aplicar un nou model o noves idees. Per això us dic que és molt difícil saber quin és el punt de partida a partir del qual hem de treballar en educació ambiental i energia. M'ha agradat també molt el que s'ha dit abans, en les participacions d'abans, el fet que la tecnologia és un mitjà i no una finalitat, i ho és perquè moltes vegades quan fem educació ambiental i treballem amb els alumnes intentem en certa manera recuperar el temps perdut i alfabetitzar potser noves generacions a les quals falten referents relacionats amb el medi natural. Això passa molt amb el tema dels aliments, per exemple. Intentem alfabetitzar. I és, diguéssim, una manera de treballar aquesta educació, però qui som nosaltres, que som la generació de l'LP, del casset i del CD, per explicar

alguna cosa als nens que han crescut amb la música digital? La tecnologia, moltes vegades, en certa manera, juga en contra nostre, en el sentit que és molt difícil treballar tots aquests aspectes de tecnologia del benestar amb tota la tradició, i no em mal interpreteu, més clàssica de l'educació ambiental. Per això ara, en el camp de l'educació ambiental i en el camp de l'educació per la sostenibilitat, som en un moment d'*impasse*, en un moment de canvi. Hem d'intentar ser crítics i canviar potser els models que tenim de diagnòstics ambientals escolars, de treball en la qüestió dels bons hàbits i de les bones pràctiques, que és el que fem a les escoles. No només d'Andorra Sostenible. Hi ha moltes persones i altres entitats també al país que ho treballen. Per exemple, FEDA és un cas excepcional de com fer activitats d'educació ambiental a les escoles. En aquest sentit, però, crec que tot l'escenari educatiu requereix una crítica global i cal dir cap on hem d'anar, agafant precisament aquests dos elements clau. Cal criticar el nostre estat del benestar i com som consumidors d'energia, i criticar el nostre model de consum i veure quin tipus de ciutadà volem pel futur, i també cal intentar adaptar aquest nou marc teòric, què és el que fem en l'educació ambiental d'aquí en el futur. Per això us dic que en el present hi ha una pregunta molt complicada. Què és el que estem fent? Hem rebut tota la tradició històrica de l'educació per la sostenibilitat, les escoles verdes, hem rebut també tota la tradició de les agendes 21, però es requereix un nou marc de debat. Des de l'educació no es té de vegades tant en compte, però és molt difícil pensar que potser no estem tocant la tecla adequada.

Xavier Gómez i Vargas (respòn a una pregunta del públic)

És una pregunta molt bona, perquè jo intentava fer la reflexió en aquest sentit. Quan treballem l'educació ambiental a les escoles, intentem transmetre missatges a infants i joves des de persones adultes que, en certa manera, som els que hem generat aquest problema ambiental que ells estan heretant. Per tant, el nivell d'exigència de vegades ha d'anar per aquesta línia. Cal intentar no transmetre aquest sentiment de culpabilitat sinó intentar transmetre el sentiment que ells i elles són el canvi que necessitem per entomar precisament aquests nous debats. Els debats sobre què volem fer amb l'energia. Quin volem que sigui el nostre debat energètic. Per

això deia que, de vegades, les persones que ja ens dediquem a l'educació ambiental potser no toquem la tecla adequada quan no donem respostes a debats que estan molt vius al carrer i que els infants i els joves heretaran aviat, com per exemple –ho deia molt bé el Carles– el debat de l'autoconsum i de l'autoproducció. És a dir, què volem? Alumnes que sí que dominin les bones pràctiques ambientals en termes energètics? O volem alumnes que siguin competents i capaços per entrar en aquest nou escenari de l'energia? En aquest sentit, salvant el que seria la visió més catastrofista, hem d'entomar aquest canvi o aquesta identificació del canvi que són els alumnes d'avui en dia.

Jordi Brescó i Ruiz

No. De culpables no ens n'hem de sentir. De fet, el que estem fent tots plegats és seguir un flux que existeix cap a on ens porta. El que sí que hem de fer és no sentir-nos culpables, però sí aprendre a sentir i a saber conèixer què significa tot això. El més curiós del tema és que –potser allò de què volíem parlar després, però una mica encaminats cap aquí– la tecnologia és un mitjà, no és una finalitat. Avui en dia tenim una tecnologia que ens permet poder mantenir el confort. Una paraula molt interessant que he recordat que existia quan he viatjat i treballat a Sud-amèrica, perquè allí lluiten per obtenir una cosa que aquí tenim cada dia i que no sabem el que és, i se'n diu confort. Jo no me'n recordava, tot i que m'ha fet recordar que quan era petit, i no dec ser l'únic dels que teniu cap a cinquanta o una mica més, en el moment d'anar a dormir era tot "corre, corre", perquè a casa a l'hivern feia un fred de nassos. Avui en dia anem en màniga curta dins de les cases. Sí que estan més preparades, però ens hem acostumat que l'energia és una cosa molt normal. Per tant, sentir-nos culpables, evidentment que no. Tots som part d'aquest problema que estem generant, però també som part de la solució, i de solucions n'hi ha. Això és una mica el que volia dir.

Carles Miquel i Garcia

Tant de bo d'aquí a deu anys no fos necessària una Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic. Voldria dir que bona part dels problemes i de les situacions que avui en dia es donen, i especialment en el context més global d'evolució climàtica,

tindran impactes. Les nacions han de fer actuacions ràpides finalment per reduir aquestes emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i limitar, com deia ahir l'Albert Moles, les concentracions de gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera. Ja hem superat l'indar amb concentracions alarmants i cada vegada ens fan anar amb pendents més importants per limitar l'escalfament global per sota dels dos graus. Efectivament, tant de bo tinguéssim els hàbits, d'una banda tecnològics o constructius, per exemple per construir millor. Així ho estem plasmanent en el projecte de llei que comentava abans. Per poder tenir edificis amb un consum d'energia quasi nul, per tenir una mobilitat més sostenible, finalment, que no emeti emissions i amb moltes possibilitats avui dia, cada vegada n'hi haurà més amb tecnologies que actualment encara potser estan en fase de prova però que molt ràpidament, perquè hi ha una demanda creixent i hi ha una necessitat imperiosa, cada dia seran més properes a l'usuari i seran més abordables des del punt de vista tècnic però també econòmic. Finalment és això; tant de bo no fos necessari perquè també hi ha una part d'aquests edificis en què –no és que perdrem en confort pel fet que s'ha de reduir aquest consum o s'han de limitar les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle, com deia el Jordi– es tindrà un confort adequat a les nostres necessitats actuals o potser una mica menys, no ho sé. Parlàvem del decreixement ahir. Hem de reflexionar sobre tot plegat. Però en tot cas que tindran, oferiran aquestes mateixes capacitats o els resultats que ens ofereixen avui dia a consums o demandes energètiques molt més baixes i no només això sinó que, a més a més, aquests edificis el que faran, per exemple, és produir bona part de l'energia que consumeixen o que necessiten *in situ* mitjançant l'aprofitament d'energies renovables. Per exemple, des del punt de vista solar, instal·lant plaques, siguin tèrmiques o elèctriques, que puguin donar resposta a aquests consums o altres tecnologies que puguin aprofitar l'energia ambient o l'energia geotèrmica, entre altres. Per tant, el futur va en aquest sentit, mantenir una activitat, mantenir un creixement econòmic, assegurar per poder desenvolupar tot plegat una activitat econòmica per al mateix país, però amb una demanda energètica cada cop menys important d'una banda i, d'altra banda, a més a més, produïda *in situ*, diversificada i distribuïda, propera als punts de producció, als punts de consum.

Xavier Gómez i Vargas

Jo, potser perquè tinc estima al concepte sostenible de tradició, però sí que és cert que penso que en uns anys tant de bo es parlés més del sentit de la responsabilitat. En aquest sentit –que deia el Carles– d'intentar entre tots i totes ajustar quin és el tipus de consumidor energètic que tenim, com en altres coses, com en altres elements del dia a dia. Per això, el terme *responsable* és un terme que potser s'ajusta una mica més al que caldria o el que voldríem esperar en els propers cinc o deu anys, perquè tothom intentés adaptar-se al context real i no al context del fals confort o dels mites amb els quals hem crescut. En relació amb això, sincerament també mirant-ho en perspectiva, portem molts i molts anys treballant en temes d'educació ambiental, com el concepte que hem vist abans dels residus, i considero que continuarà sent necessari. Continuarà sent molt necessari perquè sempre hi haurà nous paradigmes. Sempre hi haurà noves idees que sorgiran, sempre hi haurà perquè. M'agradaria que hi hagués un moviment molt crític, que hi hagués un moviment constructiu i que acabés tot amb debats, participació i aspectes que tinguin aquest fil de responsabilitat de la ciutadania, i que anés progressant a través de les diferents edats i que s'adaptés molt bé al que esperem que sigui un ciutadà responsable.

Jordi Brescó i Ruiz

De fet, el que he anat fent fins ara és precisament especialitzar-me. Per això som avui aquí. El que veig en el futur, en el futur pel que fa a empresa, és poder continuar treballant, existir. Per la nostra part és diferent de l'Administració. L'empresa el que intenta és sobreviure.

Carles Miquel i Garcia

No entraré al detall de demandes, produccions, perquè penso que n'hem parlat a bastament. Ara bé, ahir es parlava de la necessitat que el consumidor, l'usuari de l'energia finalment tingués informació de què és el que realment està consumint, què és el que s'està produint, d'on ve aquesta energia. Una mica l'interès o l'avantatge que tenim quan parlem d'Andorra finalment és que és un petit territori amb una activitat relativament concentrada, amb una facilitat d'implantació de noves tecnologies. Dèiem que era un dels vectors necessaris

–la tecnologia– per poder assolir els objectius, concretament els objectius que marca el projecte de llei. I, per tant, ens dona una resposta a una situació concreta i de forma molt ràpida. Sempre es parla d'Andorra com a *living lab*, com a laboratori d'assajos, i a més a més és molt important des del punt de vista de la innovació i la imatge, amb la repercussió internacional que pot tenir. A Andorra, és veritat, hi ha aquesta facilitat per fer canvis relativament importants en el nostre mode de vida, com pot ser a través de la mobilitat. Ahir parlàvem que en els darrers dos anys Andorra ha estat al capdavant en el rànquing de vendes de vehicles elèctrics. En el conjunt de vendes dels dos darrers anys. En dos anys Andorra s'ha posicionat molt ràpidament i, per tant, tenim una capacitat que penso que hem d'aprofitar per tirar endavant totes aquestes polítiques i actuacions de forma ràpida. Perquè podem arribar a fer-ho. Perquè tenim la capacitat i la geografia per poder-ho fer i a més a més és una societat molt activa des d'aquest punt de vista.

Xavier Gómez i Vargas

Jo hi coincideixo. Hi coincideixo plenament respecte a la dimensió del país i l'actitud i l'activitat de la població. A diferència d'altres territoris, fer educació ambiental aquí en certa manera és més fàcil perquè pots trucar directament a la porta dels interessats. Un projecte com, per exemple, el que hem vist presentat abans és un exemple. Truques directament a la porta. Tens sempre la bona actitud per fer-ho. Pots adaptar molt bé la metodologia de treball al que et demanen els alumnes o al que també et demana l'entorn que tens al voltant. Però el fet de ser un país petit i que hi hagi aquest ambient molt proper no és sinònim, i ho hem vist abans també, del fet de fer coses de baix nivell. Al contrari. Això és un primer nivell de tecnologia. És un primer nivell de producte. El fet de poder ser permeables a totes aquestes noves tecnologies, a totes aquestes idees, i alhora tenir aquesta proximitat crec que és una oportunitat brutal per ser no només pràctics i actius en el nostre terreny, sinó exemples de què és el que estem fent i el que no estem fent.

Jordi Brescó i Ruiz

Enfocat des d'una altra perspectiva, pel que fa a treballar des d'Andorra a altres països, en principi t'accepten als altres

països si tens els coneixements i pots aportar alguna cosa. Per tant, una miqueta de nivell al país, pel que es veu, hi ha de ser. Si no hi pots anar un dia pots fer una visita, però no aconsegueixes continuar quatre o cinc anys treballant. Avui en dia la qüestió de les tecnologies està fent el món molt petit. Des d'aquí, des del Principat, des del nostre país, podem abastir de projectes la resta del món. Una altra cosa és com aconseguir anar a vendre aquests projectes. Com aconseguir que et contractin. Però els mitjans hi són. Sobretot quan viatges i veus les condicions amb què es viu i es treballa als altres països, t'adones que som uns privilegiats. Tenim energia econòmica. A vegades ens queixem de la qüestió sanitària, però quan fas comparacions és espectacular. Tenim un sistema educatiu –jo vaig comparant, potser algú em dirà que estic fent campanya, no en faig– que en comparació és fantàstic, arriba a tothom. A més tenim una cosa que altres països no tenen, i és seguretat. Això parlant del context social. Sí que un requereix esforç personal i contaminar quan s'agafen avions, però això són les mínimes vegades. Des del punt de vista de l'energia, el que és l'objectiu del país, del que ha de fer el país o el que estem fent al país versus altres països, també és molt diferent. Igual que la qüestió de la seguretat. A Sud-amèrica, el que volen és tenir el confort que tenim aquí. Allà no parlen d'estalvi energètic, parlen de confort. Saber el que és poder anar a dormir sense tremolar de fred. Un exemple: la ciutat de Temuco és una ciutat que visito i és bastant al sud de Xile. Hi van fer els jocs de futbol de Sud-amèrica i el Brasil va jugar allà. La Municipalidad –el Comú– va haver de demanar i posar vigilants ambientals, perquè durant aquells dies tothom apagués “las calefacciones de combustión lenta”, que no són res més que el que fèiem servir a casa quan érem petits, que era l'estufa on es posava la llenya i que podia ser millor o pitjor, amb tot aquell fum que sortia. El que passa és que aquí érem relativament pocs, però allà són 365.000 habitants, no sé quantes cases hi ha i gairebé tot s'alimenta d'aquesta manera. El que també han trobat és que –això de moment aquí no ho notem o no en som conscients– si estan massa calents tenen massa contaminació. I no només es tracta del CO₂, sinó dels contaminants directes i els secundaris, que els estan matant. Allà el que es busca és un nivell energètic més econòmic, que s'acosti més als preus que tenim aquí, amb tecnologies més europees; que puguin

estar calents, tenir confort d'una manera més econòmica i a més sense emissions, que és un dels problemes impressionants que tenen. En canvi, el nostre problema actual em penso que és un altre. Nosaltres de confort en tenim. Ahir ho comentava. Tenim l'energia –ja sé que em diuen que estic una mica “tocat”–, però l'energia és massa econòmica. No costa el que realment val. Això pot anar en contra del que penseu gairebé tots. Jo defenso que l'energia ha de ser per a tothom. No hi pot haver pobresa energètica. Però el fet que costi tan poc fa que no la valorem. Llavors mantenim el confort i, respecte al que ens representa percentualment en el nostre PIB, és relativament baix el cost d'aquesta energia, i el que estem provocant a poc a poc és contaminació, que no només és el CO₂. Ens estem fixant en el CO₂, però no només hi ha el CO₂. Crec que un dels reptes d'Andorra és aprofitar tots aquests recursos que tenim, bé sigui en forma de residus, bé sigui en forma de sol, bé sigui en forma d'explotacions que no s'estan fent del nostre entorn per concentrar, en primer lloc, amb tecnologies més actuals les produccions i poder evitar aquestes emissions que ens són perjudicials per a la salut. Aquí no són gaire elevades, però hi són, és un dels objectius. Cal fer que aquesta energia es mantingui en aquest preu i sobretot, també des del punt de vista de país econòmic, aprofitar aquests recursos que són nostres per evitar que, aportant recursos que ara són més fàcils de l'exterior, part del nostre PIB surti per la frontera. Això no és ser més o menys patriota, és senzillament aplicar la lògica que s'ha aplicat tota la vida, que hem perdut des de fa uns anys. Som una mica més nou-rics i cal generar llocs de feina i generar riquesa del que ara és una cosa que no aprofitem. Aquest és un dels grans reptes que tenim en l'àmbit energètic.

Carles Miquel i Garcia

El context que ens obre el projecte, no ho oblidem, és un projecte de llei de transició energètica i de canvi climàtic, encara un projecte. No és una norma aprovada. Per tant, no sabem exactament quin és l'escenari que ens acabarà donant el nou model. Ara bé, sí que és cert que el projecte inclou el foment de l'autoconsum. És un dret que s'està donant a la gent per poder consumir energia de la que produeix o de la que pot produir a casa seva. Actualment era una de les

reivindicacions importants que teníem. Nosaltres teníem un programa d'ajut a la subvenció a la compra d'energia elèctrica. La gent ens deia: "Jo no vull invertir per vendre-la a la xarxa, la meva energia me la vull quedar jo." "Però és que et surt a compte." "No, no, és que no m'importa, jo vull consumir la meva energia." I, per tant, no sé exactament si serà l'explosió de les instal·lacions de producció, de les instal·lacions per a la possibilitat d'autoconsumir, si la gent farà ús d'aquest dret. Ara bé, penso que és un dret que s'està atorgant a la gent per una demanda que té, per una necessitat que té de controlar la seva producció i el seu consum. Això per una banda. No sé exactament si anirà a molt o anirà a poc, però en tot cas és en el marc d'una demanda i va en el sentit dels objectius del que fixa la llei, que és la producció distribuïda. Apropant els punts de producció als punts de consum, amb la qual cosa també hi ha un interès, entenem, pel mateix sistema, es redueix la necessitat de transportar energia des de llocs llunyans i es redueixen també les necessitats d'inversió, eventualment. També les tecnologies, finalment, ens han d'ajudar que això sigui possible. Potser en el context de fa uns anys determinades actuacions que afavorissin l'autoconsum no eren tan facilitadores dels mitjans que tenim avui dia. De fet, no cal mirar gaire lluny. Als països veïns hi ha fins i tot instruments que s'estan desenvolupant que permeten a un productor o a un lloc produir energia i consumir-la, la seva energia produïda en un lloc, a quilòmetres de distància del lloc on ha estat produïda, mitjançant tecnologies d'integritat de la informació. I per tant, en tot cas, la llei ens dona instruments. Primer perquè es donen garanties als usuaris perquè puguin finalment tenir accés a aquesta energia de forma segura; per tant, els estem protegint, els estem donant els mitjans d'informació que els permetin tenir una actitud activa en relació amb aquest consum i sobretot conèixer –ahir en parlàvem– quin és el seu consum i d'on prové aquella energia. Per tant, amb tots aquests mecanismes el que pretenem és que hi hagi un canvi, també volgut pel mateix consumidor, per tant per la gent. En aquest cas –i ho hem deixat una mica per al final perquè és el més important– la sensibilització, la formació del ciutadà, ja no només dels més petits sinó del conjunt de la població, és el que ens ha de permetre accelerar aquests hàbits i aquest canvi de model. Suposo que els meus companys també tindran alguna cosa a dir-hi.

Jordi Brescó i Ruiz

Bé, la resposta no és evident. La resta de països estan fracassant. Cal analitzar el motiu o els motius, perquè són molts. En alguns dels casos al país del sud, que potser és el que conec més, per la inestabilitat en les lleis. Això ha portat a fer una frenada molt important. Però igual que parlem de països més llatins –ahir algú deia que nosaltres “som llatins”, tenim aquest “defecte”– podem veure també com s’entén que Alemanya estigui fent el nivell d’instal·lacions que fa. Som caràcters molt diferents. Allà es funciona per conscienciació, probablement. Probablement no; he conegut projectes i dius: com pot ser que algú hagi arribat a fer això? Però aquí ens hem de moure amb uns altres paràmetres. Ahir l’Albert va ser molt valent en dir que al final la qüestió del CO₂ s’haurà, d’alguna manera, de penalitzar. En el moment que algú produeix amb energies netes, aquest marge d’estalvi encara és més important. Però –avui no hi ha polítics a la sala– una de les reflexions és: realment el país, qualsevol país però estem parlant del nostre, es pot permetre que tot aquest sol que arriba, que ens ha ensenyat el Guillem, tot aquest patac d’energia que tenim pugui no aprofitar-se?

O sigui, la llei s’ha d’enfocar, com s’ha fet amb el sector industrial a part d’Europa, que sigui obligatòria aquesta instal·lació, o sembla que d’una manera més subtil amb els edificis d’energia gairebé nul·la, perquè serà gairebé obligatori de fer-ho, però amb tot el passiu que tenim, que és molt important –perquè tenim més passiu del que podrem créixer–, com s’ha de vehicular tot això? Pel que fa a energia fotovoltaica, que és una mica el que introduïes aquí, hi ha d’haver una acceptació social, però també hi ha d’haver una direcció i en aquest cas crec que és una cosa molt valenta, però els polítics també ens han d’indicar una mica quines són les seves cartes, cap on hem d’anar. O sigui, pensant només com a tècnic, em costa molt entendre que tota aquesta energia que ens arriba cada dia a casa la puguem estar perdent cada dia, amb el que suposa això. També és cert que hi ha altres projectes, amb la qüestió de la recuperació de residus o amb la qüestió de la biomassa, en què el país sí que entenc que ja s’ha fet el planejament d’infraestructures energètiques. Les administracions han de fer aquest esforç d’ensenyar a la resta de ciutadans com funciona i que realment això funciona i que aporta moltíssims beneficis al

país. Jo crec que això s'ha d'anar resolent per fases; però és clar, tard o d'hora han de començar, aquestes fases.

Xavier Gómez i Vargas

Bé, en l'àmbit educatiu, com m'heu sentit dir al principi, quan parlàvem d'ambientalitzar els centres escolars, ambientalitzar en l'àmbit de les infraestructures, sí que és important fer un pas i apostar per aquestes tecnologies i ambientalitzar també en el currículum escolar, i potser aquí sí que és important introduir tots aquests aspectes d'educació, Albert, que comentaves. Educació, sensibilització i jo diria també capacitació, perquè hem d'intentar que les noves generacions siguin capaces d'utilitzar aquestes noves tecnologies. No que siguin consumidors passius, sinó que siguin consumidors actius i desenvolupadors, diria jo, fins i tot per intentar arribar a aquest escenari, primer de consum responsable –que això és més o menys el que hem comentat abans que estem treballant– però també de productors responsables en aquesta línia.

Carles Miquel i Garcia

Bàsicament, per agafar-ne un, agafo l'exemple del mateix plantejament que es va fer el 2013 per a l'energia fotovoltaica. A l'inici, el foment de la implantació d'instal·lacions fotovoltaiques depenia de la compra subvencionada d'aquesta energia produïda a través dels panells. Per què en el seu moment es va optar per això? Doncs perquè primer hi havia una qüestió de costos. Els costos encara eren molt elevats per poder competir amb el preu de l'energia elèctrica. Per tant, a l'efecte de poder ser amortitzats en períodes raonables, òbviament s'havia de subvencionar aquesta energia. Direu: i per què produeixes energia a través d'això si t'ha de costar més car? Òbviament, una empresa no ho farà. El Govern el que vol és fomentar la implantació de determinades tecnologies i, per tant, és una acció que es fa en un moment donat per fomentar que allò es desenvolupi. Com dèiem abans, i el Guillem també deia, avui dia ja tenim set-cents, vuit-cents kilowatts que s'han pogut instal·lar des del 2013. Efectivament no són gaires, però bé, finalment, tot i el canvi de model que s'ha engegat ara i que s'ha deixat de subvencionar la compra de l'energia, han anat apareixent des d'aquest principi d'any instal·lacions de cent, dos-cents

quilowatts, de més a més respecte als que ja tenim avui dia. Per tant, en un moment determinat per poder fomentar una determinada tecnologia o un canvi radical que pot crear una oposició inicial o sobre el qual hi pot haver un desconeixement, o diguem-ne com sigui, potser convé “dopar” el mercat inicial perquè això es pugui desencadenar. Primer perquè els preus segurament aniran baixant, perquè d’una banda hi haurà més demanda, més consum, i per tant els preus s’aniran reduint; però, d’altra banda, perquè hi haurà un millor coneixement de la societat en relació amb aquella tecnologia. Per tant arribarà aquest moment, com ha passat amb el fotovoltaic, en què s’ha canviat el model. Tot i que avui dia encara s’ajuda a la inversió inicial es podrà donar el cas probablement amb el vehicle elèctric, en què els preus probablement s’equipararan amb els preus del vehicle clàssic i, d’altra banda, ja serà una tecnologia totalment coneguda. Per tant, en aquest sentit sí que es requereix una ajuda inicial, tot i que és a l’efecte de desencadenar la tecnologia.

Carles Miquel i Garcia

No. De fet no et podré respondre amb detall perquè no soc especialista en la qüestió dels residus. Ara bé, el que sí que et puc dir és que, d’una banda, la gestió actual dels residus, i en aquest cas sí des de la perspectiva energètica, es duu a terme a través d’una instal·lació que els valora energèticament i, per tant, hi ha un aprofitament de l’energia d’aquests residus, avui dia elèctrica però pròximament també tèrmica. Desconec el motiu pel qual aquest cinc per cent de matèria orgànica en els residus va a compostatge actualment. És veritat que s’havien fet –no en tinc dades en concret ni tinc el detall ni tot el coneixement per aprofundir-hi– proves pilot a Andorra en petites instal·lacions en diferents parròquies per veure quin era el comportament de compostatge d’aquests residus *in situ*, aquesta biomassa, per dir-ho d’alguna manera. En relació amb l’apartat de digestió i la digestió concretament dels residus urbans o de la matèria orgànica dels residus urbans, pel que també m’ha semblat entendre de la teva presentació, actualment encara s’estudia de quina manera es poden controlar les condicions de funcionament. Penso que en l’àmbit industrial o aplicant-ho a Andorra, centrant-ho com a única tecnologia per a la gestió de la matèria orgànica d’aquest residu, també és veritat que és una aposta arriscada

en aquest moment, fins que no es desenvolupi tecnològicament millor, centrar tota la tecnologia en quelcom que encara potser no està desenvolupat. Però t'ho dic des del meu desconeixement de què es fa exactament amb la gestió de residus.

Xavier Gómez i Vargas

Potser perquè no som els interlocutors en això més vàlids, però complementant el que deia el Carles, sí que en el seu moment es van fer estudis de viabilitat de compostatge per exemple en parròquies altes, i les proves no van acabar de funcionar del tot bé per qüestions de temperatura. Potser abans també el públic ha preguntat els límits de temperatura en aquests processos. A part també has d'entendre la casuística a Andorra a l'hora de recollir residus orgànics. Per què s'ha començat amb grans superfícies? Perquè ofereixen un residu homogeni en certa manera i una quantitat gran per tenir un estoc suficient per començar a treballar en processos de reciclatge, en aquest cas de compostatge. Una recollida de residu orgànic domèstic en una distribució poblacional com la que té el país seria complex pel que fa a la mateixa matèria primera del residu i també hauríem de veure quina quantitat d'impropis té, per exemple. Per tant, sí que és cert que ara per ara s'ha començat amb aquestes proves pilot per aquest motiu, per la qualitat d'aquest residu, del residu d'origen. Però ja et dic que potser no som els interlocutors més vàlids en aquest cas.

Carles Miquel i Garcia

Efectivament, inclús, i tornant al context del Projecte de Llei de transició energètica i canvi climàtic, es preveu que es puguin dur a terme proves pilot a l'efecte de testar, de provar noves tecnologies encara no desenvolupades avui dia i veure quins són els efectes, per determinar eventualment si corresponen o no com a mesura, en aquest cas de gestió de residus però complementàriament també de mitigació del canvi climàtic, per reduir les emissions, i per altra banda d'adaptació. També s'està fent una gestió *in situ* que no requereix, entre altres coses, altres fonts d'energia per poder dur a terme el procés. Per tant, el Projecte de Llei actualment a tràmit parlamentari preveu que es puguin fer aquest tipus de proves, però sempre, entenc i per la tecnologia que comentaves, com a

prova pilot, perquè es pugui provar la tecnologia a l'efecte de veure si és adequada.

Carles Miquel i Garcia

Com a comentari al comentari, de fet al contrari, el Projecte de Llei el que fa ara és deixar la porta oberta que es pugui fer tota una sèrie de coses que fins ara no podien fer-se. Per tant, ni es genera una obligació ni es crea una sèrie d'imposicions, el que es fa és obrir la porta a tota una sèrie de situacions. A partir del 2010 es podia produir energia elèctrica fins a un lílindar determinat, però aquesta energia elèctrica no es podia consumir, s'havia d'injectar a la xarxa. L'únic que fa el projecte de Llei és fer que es pugui produir energia elèctrica ja no només amb teulades i amb determinades tecnologies. Es pot produir energia elèctrica –jo penso que amb això hi guanyem tots–, i d'altra banda aquesta energia elèctrica es pot injectar a la xarxa si no es vol autoconsumir. Per tant, qui vulgui autoconsumir podrà autoconsumir, qui vulgui injectar-la a la xarxa, perquè no necessita aquest autoconsum o considera que no li és necessari o interessant des del punt de vista que sigui, podrà fer-ho, però en tot cas al contrari, jo penso que s'obre un nou escenari de possibilitats per a tothom. No és restrictiu, al contrari. És obert a l'usuari i de protecció per a l'usuari.

Jordi Brescó i Ruiz

Jo, si m'ho permeteu, volgudament, he volgut provocar una mica amb el tema i he introduït dos qüestions. Primer he dit que som llatins, comparats amb els països del nord. Si em permeteu trenta segons, el 2009-2010 vaig visitar Dinamarca professionalment per veure sobretot com combustionaven la palla. És una cel·lulosa de difícil combustió. Em van portar a visitar una instal·lació que havia fet, en la línia que ara comentaves, un senyor pagès. Allà les produccions de palla són molt més importants que les que tenen a Catalunya, per exemple, amb la qüestió de l'aigua. Aquell senyor pagès vivia en un poble o un poblet; seixanta-vuit habitatges dispersos, zero densitat energètica. Aquell senyor va dir: què farem amb tanta palla? Va agafar i al costat de la granja va muntar una caldera i va fer una petita xarxa de calor i la va distribuir entre els veïns. Abans ens has fet una pregunta que jo no he sabut respondre. D'aquests seixanta-vuit veïns, sabeu quants s'hi

van apuntar? Abans de respondre us diré les condicions. S'havia de pagar el cost proporcional de la connexió de la xarxa i el preu de l'energia, el preu al qual aquest senyor venia l'energia, el pagès als seus veïns, en un poble petit, era l'equivalent al que pagaven amb gasoil. Ara penseu un momentets quants s'hi van apuntar amb aquestes condicions i portem-ho cap aquí a veure quants ens hi apuntariem. És el que he dit, som llatins. També he volgut fer la reflexió següent: ens podem permetre com a societat renunciar –no he dit de quina manera s'havia de fer– a tota aquesta energia que ens arriba gratuïta que és del poble, és de tots? El sol surt per a tothom. Ens ho podem permetre? Jo la forma, no he dit com, ho pensem ràpidament el tema de l'obligació, potser sí perquè som llatins, no ho sé. És una manera, però algú s'atreveix a dir quants d'aquests seixanta-vuit, pagant religiosament, s'hi van apuntar? En un poble petit seria fàcil que la meitat del poble estigués enfrontat a l'altra meitat. Va, valents, quants? Seixanta-quatre! Es veu que amb quatre no es portava bé. He insistit molt i heu anat tots cap als seixanta-vuit, però si no hagués insistit tant algú hauria dit trenta? S'hi van apuntar tots, perquè ja els anava bé que el seu veí fes alguna cosa bona per a tots, pel medi ambient, i que guanyés algun duro. Continuem sent una mica llatins. He volgut introduir les dos coses. Quan es porten a terme polítiques s'ha de saber en quina plaça de toros es toreja. És un exemple més llatí, més del sud, però ens hem de situar i saber quins són els objectius i saber què és allò a què, com a societat, jo personalment crec que no podem renunciar. La forma de fer-ho, això ja cada un pensarà com. Sens dubte, sense educació, sense potenciació, no hi ha res, no hi ha futur, no hi ha res. Cal dir també, i per acabar el tema de les *smart cities*, que la qüestió energètica, la qüestió de la microproducció, la producció descentralitzada, tot això ja no és futur. És avui. I ens porta a poder mantenir, com a mínim des del punt de vista energètic, aquest confort amb el qual avui vivim. A poder funcionar com funcionem.



Marta Fonolleda i Riberaigua

Coordinadora del 12ns
Debats de Recerca 2018

Els 12ns debats de recerca han permès fer visible la recerca sobre energia i recursos naturals, així com alguns projectes d'acció i gestió, vinculats a Andorra; a més de contribuir al debat, la discussió i el diàleg d'una temàtica tant actual.

Les conclusions d'aquest any les he estructurat a partir d'un mapa conceptual de paraules clau. Parteixen del terme "transició energètica", ja que és una de les idees transversals a totes les aportacions; una transició energètica que del present que ens projecta cap al futur i sobre la qual hem començat a prendre opcions.

Una segona idea força repetida ha estat la "transformació", lligada a la voluntat de canviar el model energètic. En aquest sentit, la recerca en l'àmbit ens aporta dades molt valuoses per anar orientant i fent previsions sobre l'acció.

Aquesta transformació no és nova i ens surt en un eix passat-present-futur lligat a la idea de "trajectòria". La perspectiva històrica ens mostra com l'energia i els recursos naturals han estructurat els modes de vida i han anat de la mà de grans canvis socials, com és el cas de l'arribada de FASA a Andorra. Moltes de les discussions han girat al voltant de l'eix local-global. Els debats d'enguany han tingut una perspectiva molt andorrana, amb recerques i projectes contextualitzats al nostre país, però sense oblidat la connexió amb l'entorn global.

El terme "sostenibilitat" també ha estat molt present en els Debats. Hi ha un consens en que la gestió i la recerca sobre energia i recursos naturals va encaminada a models més sostenibles que permetin l'ús raonable dels recursos i la disminució de les emissions.

S'ha parlat també de legislació, d'educació, d'economia, de sector públic i de sector privat, de ciutadania i de canvi cultural i hem tingut exemples molt bons de co-creació i de col·laboració entre diferents agents. En aquest sentit, Andorra s'ha presentat com un context d'oportunitat.



Marta Fonolleda i Riberaigua

Conclusions i cloenda

• 2009
- 200 anys del naixement de Darwin i 150 anys de *L'origen de les espècies*
- La recerca en llengua catalana i Andorra (4ts)

• 2010
- 50 anys de contracepció hormonal
- La recerca en el sector privat i la transferència tecnològica (5ns)

• 2011
- 850 anys de la preparació de la 1a concòrdia signada pels andorrans amb l'exterior

• 2012
- 100 anys del naixement d'Alan Turing i 50 anys del Telstar 1
- La recerca sobre el paisatge d'Andorra (6ns)

• 2013
- 250 anys del *Polítar andorrà* i 50 anys d'*Andorra, el meu país*
- El talent humà en les organitzacions andorranes: investigació i oportunitats (7ns)

• 2014
- 450 anys del naixement de Galileu
- Física i Química, investigant la realitat (8ns)

• 2015
- 700 anys de la mort de Ramon Llull
- La recerca jurídica a Andorra (9ns)

• 2016
- 150 anys de la Nova Reforma
- Recerca en biociències per a la salut (10ns)

• 2017
- 450 anys de Monteverdi i 175 anys de l'anestèsia
- Comportament i ment, la recerca en psicologia (11ns)

• 2018
- 550 anys de la mort de Gutenberg i 50 anys del primer trasplantament de cor
- Energia i recursos naturals: treballant pel futur (12ns)



SOCIETAT
ANDORRANA
DE CIÈNCIES



Govern d'Andorra



Comú d'Andorra la Vella



Crèdit Andorrà



Institut
d'Estudis
Catalans



L'Acadèmia

MORABANC

ISBN 978-99920-61-56-5



9 789992 061565

12ns debats de recerca

SOCIETAT ANDORRANA DE CIÈNCIES

34è CICLE DE CONFERÈNCIES RECULL 2018

34è CICLE DE CONFERÈNCIES RECULL 2018

550 anys
de la mort de

Gutenberg

i
50 anys

DEL PRIMER TRASPLANTAMENT DE COR



12ns
debats de recerca

Energia i recursos naturals: treballant pel futur

RECULLS DE CONFERÈNCIES (publicats)

- 1984
- 1985
- 1986
- 1994
10è aniversari

- 1995
100 anys del naixement del cinema

- 1996
100 anys del descobriment de la radiactivitat natural

- 1997
40 anys de l'inici de l'era espacial

- 1998
250 anys del *Manual Digest*

- 1999
Visió del mil·lenni

- 2000
2.000 anys de coneixements

- 2001
100 anys de premis Nobel

- 2002
90 anys de la teoria de la deriva dels continents

- 2003
50 anys de genètica molecular:
el descobriment de la doble hèlix

- 2004
20 anys de la SAC

- 2005
100 anys de la teoria de la relativitat

RECULLS DE CONFERÈNCIES I DEBATS DE RECERCA (publicats)

- 2006
- El desenvolupament d'Andorra, 75 anys després
- Àmbits de recerca per a Andorra:
La recerca mediambiental (1rs)

- 2007
- 100 anys de l'Institut d'Estudis Catalans (1907-2007)
- Vers el canvi climàtic (2ns)

- 2008
- 2.225 anys des dels andosins
- Recerca mèdica i salut a Andorra (3rs)