



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

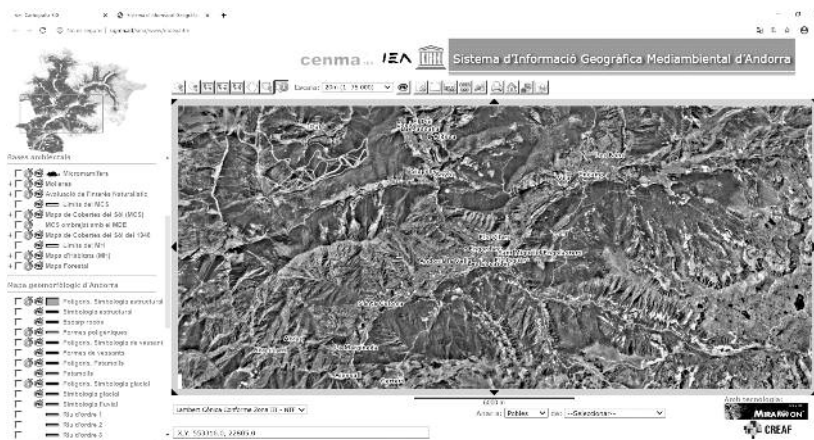
Generar una nova informació de base, durant l'execució d'un projecte tècnic o estudi, pot requerir molt de temps, i per tant destinar molts recursos econòmics per desenvolupar-la. És per

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>)

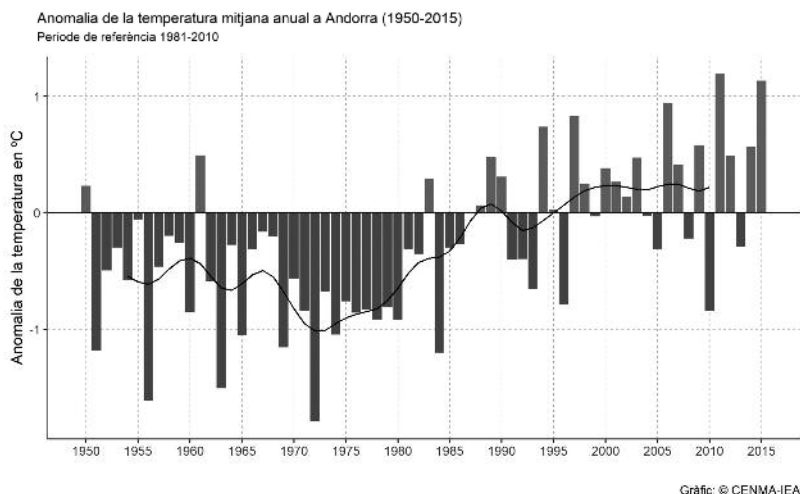


Els resultats de la recerca en medi natural poden ser una bona informació de base per als estudis sobre recursos naturals i energia. Els recursos naturals són tots els elements de la natura que ens poden ser útils per a les nostres necessitats. Una de les nostres necessitats és, per exemple, la generació 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.

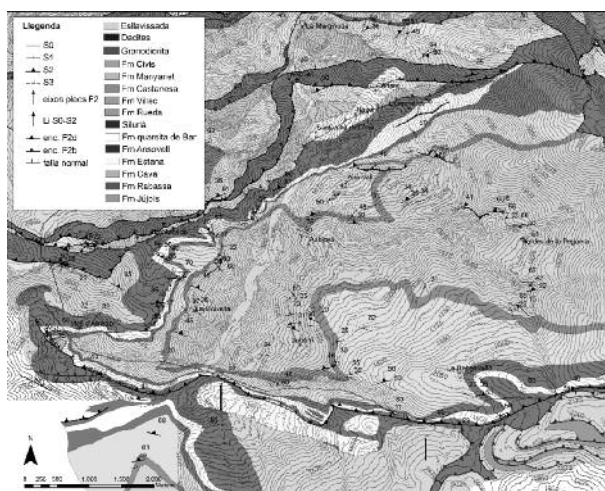
Foto 2. Gràfic sobre l'evolució de les temperatures de l'Observatori de la Muntanya d'Andorra (www.oma.ad)



- 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.

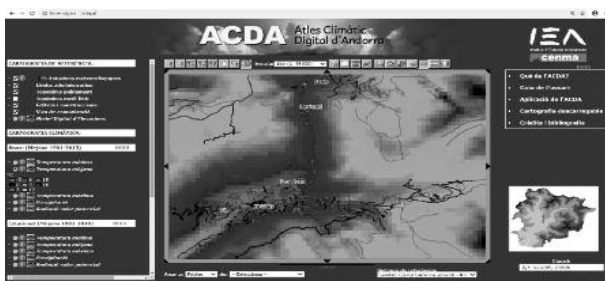
Per dur a terme la millora de l'estalvi i l'eficiència energètica, l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic (OECC) del Govern d'Andorra va encarregar al CENMA-IEA la zonificació climàtica de les zones urbanes i urbanitzables d'Andorra partint de la informació de l'Atles Climàtic Digital d'Andorra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

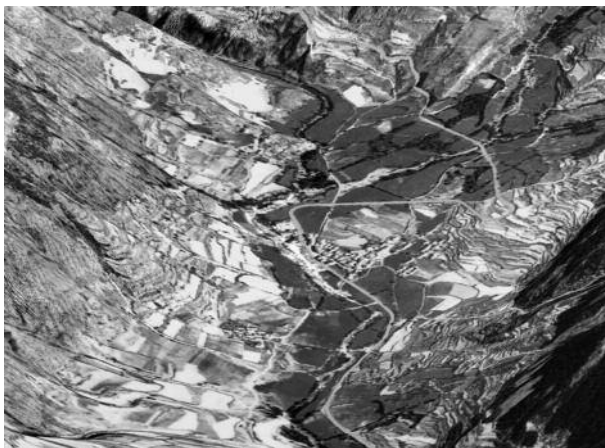


Foto 5. Fragment en 3D del mapa de cobertes del sòl de l'any 1948, en aquest cas de la zona d'Encamp

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.

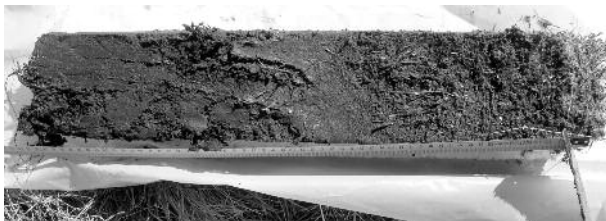


Foto 6. Exemple de perfil d'un sòl edàfic a Andorra

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*

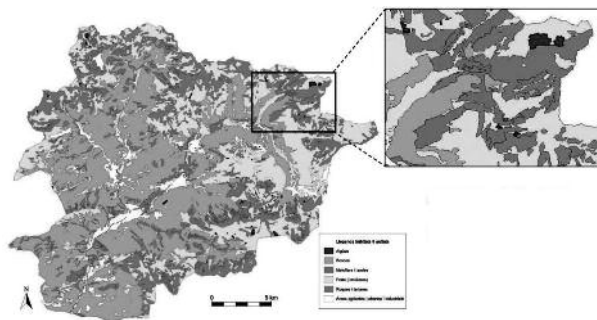


Foto 9. Mapa d'hàbitats d'Andorra amb la informació simplificada. Les superfícies de color verd representen el territori cobert per boscos

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.