

OFICI DE NATURALISTA

Participació de voluntaris en l'estudi de la biodiversitat: un balanç amb resultats positius

Josep Germain Otzet*, Francesc Uribe Porta** & Olga Boet Escarceller***

* Institució Catalana d'Història Natural. Carme, 47. 08001 Barcelona. A/e: jgermain@joge.jazztel.es

** Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Passeig Picasso, s/n. 08003 Barcelona. A/e: furibe@bcn.cat

*** NUSOS. Activitats Científiques i Culturals. SCCL. Casp, 43 baixos 1a. 08010 Barcelona. A/e: info@nusos.net

Autor per a la correspondència: Josep Germain Otzet. A/e: jgermain@joge.jazztel.es

Rebut: 05.03.2014. Acceptat: 13.05.2014. Publicat: 27.06.2014

Resum

La tradicional contribució del voluntariat en estudis sobre la natura ha pres recentment un nou impuls gràcies al suport de les tecnologies de gestió de dades i a l'extensió en l'ús de dispositius mòbils. El concepte de ciències ciutadanes aplicat a l'estudi de la biodiversitat ha traspassat les fronteres de la comunitat naturalista i ha esdevingut un veritable fenomen social. La implicació ciutadana en la recerca pot ser variable i gradual, concentrada sovint en projectes que requereixen un elevat nombre d'observacions de camp. La validesa i l'eficiència de les dades proporcionades per persones voluntàries és més alta quan la metodologia dels projectes s'ajusta a la formació prèvia dels participants. Els projectes de ciència ciutadana en estudis de biodiversitat no són experiències només formatives o de conscienciació sinó autèntics exercicis científics en els quals els resultats de la investigació són el valor més rellevant a considerar. A Catalunya hi ha un sòlid suport a la combinació de professionals i voluntaris en estudis de biodiversitat. Un substrat tan favorable convida a iniciar un futur estudi sobre tendències dominants de la inversió de lleure en ciència activa a Catalunya.

Paraules clau: Biodiversitat, ciència ciutadana, projectes participatius, voluntariat, qualitat de les dades, tecnologies de la informació i la comunicació.

Abstract

The role of volunteers in biodiversity research: a positive balance

Due to the proliferation of mobile devices and new technologies in data management, the traditional role of volunteers in studies of nature has recently been showing a new peak in participation. The concept of citizen as applied to studying biodiversity has expanded within the naturalistic community to become a genuine social phenomenon. The role of volunteers in research can be variable and gradual, the aim of involving them is focused on the high need for field observations, and the usefulness and efficiency of volunteers are greater in projects that are well suited to the volunteers' training and capabilities. Citizen science projects related to biodiversity are not mere training or awareness-raising experiences, but real scientific exercises in which results should be the most important value. In Catalonia there is strong support to mixing professionals and volunteers in biodiversity research. In order to increase this support we expect to gain insight into trends that could explain how people invest their leisure time in science.

Key words: Biodiversity, citizen science, participatory projects, volunteers, data quality, information and communication technology.

Introducció

La participació de voluntaris en estudis naturalistes, ha estat una pràctica habitual des de l'antigor i no ha quedat precisament restringida a contribucions secundàries. Per voluntariat entenem agrupacions de persones no professionals ni adscrites a institucions acadèmiques. El mateix Charles Darwin podria ser considerat un exemple de ciutadà que conreà voluntàriament les seves aptituds científiques (Lepczyk *et al.*, 2009). Malgrat que de voluntaris n'hi ha hagut pràcticament sempre, en temps recents s'ha fet familiar un nou terme per identificar aquest fenomen: ciència ciutadana, traduït del concepte *citizen science*, àmpliament difós als EUA, on

l'ha acompanyat una història d'èxit (Lepczyk *et al.*, 2009). A l'univers lingüístic anglosaxó existeix també el terme *amateur*, tradicionalment emprat a la Gran Bretanya (Greenwood, 2012), però ha estat *citizen science* l'expressió que ha irradiat amb més força.

Passar d'espectador a actor representa un canvi radical que té conseqüències en la pràctica científica i l'organització social de la recerca. Més enllà del debat a la pròpia comunitat científica, altres agents pressionen per estrènyer el vincle entre científics i la societat. L'anomenat Nou Programa Europeu d'Investigació i Innovació, Horitzó 2020 (<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/society>), a llueix a la necessitat d'intensificar el diàleg i la implicació de la ciuta-

dania en afers científics. La participació ciutadana en projectes de recerca reporta dos beneficis que no són excloents. Per una banda es dona impuls a estudis observacionals i funcionals d'ecosistemes científiques i per altra es propicia una satisfactòria experiència personal i social.

En el text que segueix, l'èmfasi es concentra en destacar els valors científics obtinguts gràcies a la col·laboració ciutadana. No es pretén a continuació considerar el paper dels ciutadans i ciutadanes en la recerca com un recurs de conscienciació ni de divulgació científica d'alt nivell. La hipòtesi a considerar és que la pràctica científica amateur contribueix de manera clara al progrés de la recerca. En altres paraules, si no hi ha intenció d'ús de les dades, d'aplicar-hi anàlisis, el projecte es pot qualificar de fracàs (Dickinson & Bonney, 2012).

Malgrat que ja es disposa d'una abundant casuística i un ampli interval d'aplicació, no s'han llimat encara tots els recels que sobre la idoneïtat d'aquests projectes es mantenen en entorns acadèmics. L'objectiu d'aquest article és compilar les revisions i anàlisis fetes sobre la utilitat de la informació de biodiversitat proporcionada per voluntaris i destacar les condicions que afavoreixen l'èxit dels projectes de col·laboració ciutadana.

Sota la protecció de la tecnologia

Des del primer moment, el concepte de ciència ciutadana porta adherit un genuí i decisiu component: les tecnologies de la informació i la comunicació (Dickinson & Bonney, 2012; Fitzpatrick, 2012). Existeix un nexa profund entre el desenvolupament de la ciència ciutadana i la proliferació de dispositius portàtils de comunicació. Un simple exercici de cerca bibliogràfica posa de manifest un punt d'inflexió situat l'any 1998 quan s'inicia l'expansió de l'ús del terme ciència ciutadana (Fig. 1), moment a partir del qual es produeix un increment fulgurant del nombre de citacions bibliogràfiques que en fan referència.

Entre l'auge de la ciència ciutadana i l'expansió dels dispositius de tecnologia mòbil per a la comunicació s'observa un clar paral·lisme. A partir de l'any 1998 el nombre de línies de telefonia mòbil i, per tant, de mòbils en ús, augmenta de manera extraordinària (<http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>). La tendència és encara més marcada si se segueix l'efervescència dels mòbils intel·ligents dotats de sistemes operatius de gran èxit sobre els quals es basen aplicacions molt diverses (<http://mobithinking.com/mobile-marketing-tools/latest-mobile-stats>). El fenomen del mòbil es consolida sense retorn. Aquestes comunitats d'usuaris de tecnologies representen un gran potencial per a la participació en experiències científiques, d'aquí l'enorme actualitat i les expectatives de desenvolupament que s'associa a l'actual esplendor dels projectes científics participatius.

Ciències naturals i ciutadanes

La presència de voluntaris en el desenvolupament de projectes de recerca s'ha fet palesa en diverses disciplines científiques,

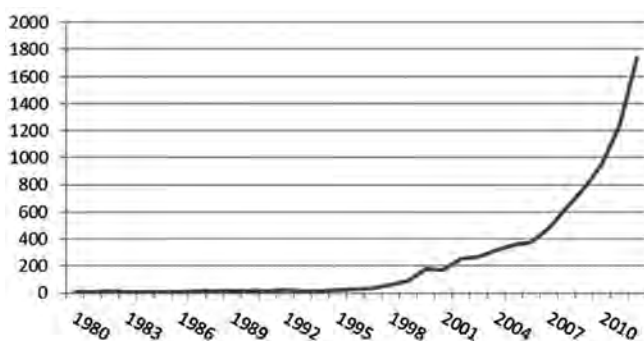


Figura 1. Nombre d'articles publicats cada any calculat a partir d'una estratègia de cerca a Google Acadèmic segons el següent filtre: cerca dels termes «citizen science» (i sinònims en altres llengües) sobre tots els apartats dels articles i sense considerar citacions ni patents.

fiques, fet que es pot constatar en les recopilacions bibliogràfiques disponibles al web de Mendeley (per exemple: <http://www.mendeley.com/groups/3176281/citizen-cyberlab-learning-creativity-aided-by-ict/>). Entre les disciplines que descriuen el planeta, la geografia ha obert recentment les portes a la col·laboració ciutadana (Hall *et al.*, 2010; Hardy *et al.*, 2012; Newman, Zimmerman *et al.*, 2010; Yates & Schoeman, 2013), però la història natural, una pràctica científica de llarga trajectòria, té una tradició pròpia i veterana d'estudis i contribucions de persones no vinculades professionalment a cap organització acadèmica. Estudis avançats i específics que atreuen una molt alta participació ciutadana, s'exemplifiquen en l'ornitologia, amb precedents que es remunten a la dècada dels anys 1960 als EUA (Araya *et al.*, 2009) i a altres països (Wee & Subaraj, 2009), i que a Catalunya van aflorar a finals d'aquesta mateixa dècada (Maluquer, 1994). Fa més d'un segle que es documenten canvis estacionals a la natura gràcies a l'aportació ciutadana (Mayer, 2010) i, respecte a reconèixer la diversitat natural, s'han elaborat inventaris naturalistes des de fa segles (Janzen & Hallwachs, 2011; Miller-Rushing *et al.*, 2012). La perspectiva històrica és imprescindible per comprendre la implicació ciutadana en estudis naturalistes.

En l'àmbit de les ciències naturals, la literatura científica que menciona de manera explícita el valor i el significat de la ciència ciutadana no és abundant, però el *corpus* creat permet interpretar tendències. Si es consulta l'inventari bibliogràfic sobre ciència ciutadana i biodiversitat creat també a Mendeley (<http://www.mendeley.com/groups/2146043/citizen-science-for-biodiversity/>), s'observarà que a les definicions d'aquest concepte donades durant l'última dècada hi predomina el significat de persones que s'impliquen en projectes liderats per científics (per ex. Couvet *et al.*, 2008; Wee & Subaraj, 2009; Dickinson *et al.*, 2010; Roy *et al.*, 2012). Aquesta versió de la ciència ciutadana prové dels propis laboratoris científics que han proporcionat ocasions per a una planera col·laboració externa. Tanmateix, la realitat en les ciències naturals és més complexa. Alguns naturalistes amb formació sòlida i reconeguda no només aporten dades per projectes liderats per científics professionals sinó que esdevenen amos de la seva

pròpia recerca, habitualment en biodiversitat, biogeografia, ecologia o etologia.

Implicació variable

La pràctica de la ciència ciutadana en l'àmbit de la biodiversitat ve condicionada pel grau de formació i d'autonomia personal (Lepczyk *et al.*, 2009). Es pot establir un rang d'opcions de participació que va des de qui aporta a un projecte una simple dada amb risc atenuat de subjectivitat fins a qui dissenya els seus propis projectes i els executa arribant a publicar-ne els resultats científics. Alguns autors com Bonney, Ballard *et al.*, 2009 descriuen tres nivells d'implicació: 1) projectes contributius: els projectes són dissenyats per científics professionals i els voluntaris aporten dades; 2) projectes col·laboratius: el ciutadà, a més de recollir dades, també pot contribuir a refinar procediments, analitzar i interpretar dades i a difondre els resultats; i 3) projectes creats de manera conjunta: les persones que hi participen ho fan de manera significativa en totes les fases del projecte.

Més endavant, amb els exemples a Catalunya, es veurà que una de les característiques dels projectes de ciència ciutadana en l'àmbit de les ciències naturals és la capacitat que tenen els projectes creats per voluntaris d'evolucionar cap a estructures organitzatives en les quals es poden professionalitzar certs àmbits de la investigació.

Parlar només de projectes participatius resultaria limitant perquè no s'hi reconeixen prou bé els científics amateurs més implicats, mentre que l'expressió ciència ciutadana és més inclusiva. En qualsevol de les posicions des de la qual es practiqui la ciència ciutadana, la idea fonamental continua sent la contribució de ciutadans voluntaris en la creació de coneixement científic.

La combinació de científics professionals i voluntaris en projectes compartits pot ser causa de conflictes. Superar-los és un dels objectius més exigents i, alhora, renovador de la percepció social de la ciència que es deriva de la pràctica de la ciència ciutadana. La racionalitat dels resultats que s'obtinguin ha de ser l'argument principal per combatre suspicàcies.

Justificació dels projectes de ciència ciutadana: oci i/o necessitat

L'estudi de la biodiversitat, com a disciplina nascuda a l'entorn de les descripcions taxonòmiques i de les anàlisis ecològiques, consumeix informació de presència d'organismes en espais i temps concrets. En l'actualitat, l'extensió de la variabilitat sistemàtica i dels rangs temporals i espacials que s'analitzen és de llarg abast i profunditat. Com a conseqüència, grans volums de dades procedents de fonts diverses, probablement heterogènies, es gestionen i s'incorporen a les eines d'anàlisi. S'han encunyat termes com *big data* o *data intensive science* (Kelling *et al.*, 2009) amb els quals cridar l'atenció sobre la importància que té disposar de conjunts de dades, tan extensius i complets com sigui possible, per propiciar la detecció de tendències i dinàmiques en els sistemes

naturals. Davant la necessitat de sumar aportacions de dades de biodiversitat i de disposar de diagnòstics operatius per a la seva gestió, la participació ciutadana pot esdevenir clau (Abadie *et al.*, 2008; Devictor *et al.*, 2010).

Les eines disponibles per analitzar la diversitat en l'espai i el temps dels sistemes naturals s'han multiplicat en nombre i capacitat, i estan en condicions de fer front a conjunts ingents d'informació. Sigui en el disseny d'aplicacions o en les infraestructures de càlcul, es fa evident el progrés que segueixen les anàlisis de la biodiversitat i el seu enorme potencial de suport per a decisions sobre la gestió ambiental.

Paradoxalment, el coll d'ampolla per continuar explotant les eines d'anàlisi disponibles és sovint la possibilitat de reunir la informació de base (Stevenson & Morris, 2002). Habitualment, la comunitat de científics professionals no està en condicions de nodrir els equips de camp necessaris per capturar la informació de biodiversitat que pugui respondre a les hipòtesis científiques o a avaluacions de diagnòstic ambiental. Malauradament, els sistemes de reconeixement remot tampoc estan encara avui dia en condicions de recollir suficient informació de detall. La contribució de voluntaris en la creació de capes d'informació pot ajudar a mitigar aquestes limitacions (Abadie *et al.*, 2008; Devictor *et al.*, 2010), sempre que la gestió final de la informació obtinguda adopti formes eficaces d'integració en fluxos documentals científics, rigorosos i d'àmplia disseminació.

Característiques dels projectes ciutadans en l'àmbit de les ciències naturals

Els projectes de ciència ciutadana i naturalista es caracteritzen segons diversos elements: objecte de l'estudi, paper dels professionals, formació i edat dels voluntaris, reclutament col·lectiu (famílies, escoles) o individual, dimensió territorial i temporal del projecte, metodologia (observacions planificades o oportunistes), ús d'equipament tècnic, etc.

La majoria d'exemples d'implicació ciutadana en recerca de la biodiversitat, són projectes liderats per un equip professional de científics que dissenya, avalua i interpreta els resultats. Institucions de recerca o reconegudes organitzacions naturalistes mobilitzen voluntaris en estudis de biodiversitat *in situ*. Altrament, hi ha experiències rigoroses i celebrades amb voluntaris que esmercen temps en projectes de biodiversitat *ex situ*, com és el cas de col·leccions d'estudi o herbaris de museus de ciències naturals o de centres de recerca. Aquest model de col·laboració ciutadana en col·leccions d'història natural es remunta a temps molt antics però encara mostra gran vitalitat (Marty, 1999; Hill *et al.*, 2012).

Inventaris biològics i censos, en combinació amb estudis ecològics i taxonòmics (Janzen & Hallwachs, 2011; Pearson *et al.*, 2011; Fontaine *et al.*, 2012), dibuixen el rang de disciplines on naturalistes voluntaris hi tenen més cabuda. En els casos on els ciutadans actuen amb autonomia dels científics professionals s'hi troben projectes (generalment d'observacions) de caràcter generalista (no es limiten a cap grup biològic concret) i amb resultats opcionalment supervisats (per professionals, naturalistes experts, etc.).

Exemples com Biodiversidad Virtual (<http://www.biodiversidadvirtual.org/>), Ispot (<http://www.ispotnature.org/>) i altres similars, mostren clarament l'èxit d'aquestes iniciatives mixtes: a Biodiversidad Virtual es pugen diàriament unes 1.000 fotografies, de les quals, en funció dels diferents grups d'organismes, es determinen com a gènere o espècie, amb la supervisió d'experts, entre un 71 i un 99 % (José Manuel Sesma, com. pers.). Cal no perdre de vista la capacitat de generar dades de biodiversitat que atresoren aquests programes, davant dels quals és més sensat provar d'inserir filtres a les consultes basats en criteris de qualitat i procurar recursos de formació que no pas girar-s'hi d'esquena.

En ocasions, el ciutadà col·labora sense una voluntat premeditada, sinó que els investigadors estableixen contacte amb col·lectius que professionalment intervien sobre els recursos naturals. Un cas paradigmàtic són els pescadors (Coll *et al.*, 2014). Un altre estil de participació poc habitual resulta quan els voluntaris posen al servei de la ciència qualitats personals inesperades. Per exemple, les suggestives experiències de participar en jocs on la lògica aplicada per cada participant aporta solucions a problemes de difícil solució computacional, com pot ser la predicció de l'estructura d'una proteïna o l'alineació de seqüències genòmiques (Cooper *et al.*, 2010; Kawrykow *et al.*, 2012).

Tanmateix, les propostes de col·laboració ciutadana en recerca naturalista se centren habitualment en activitats més properes a l'observació directa de la natura sota la coordinació d'un equip científic. Aquest és el primer nivell d'implicació ciutadana i reuneix des de voluntaris amb escassa formació naturalista fins a aficionats amb una gran destresa en la identificació d'espècies de grups biològics concrets. És en aquest sentit que es parlaria de projectes participatius com una tipologia de projecte de ciència ciutadana.

Objectius de recerca ciutadana en biodiversitat

Tres grans objectius de recerca canalitzen la temàtica de la majoria dels projectes d'investigació ciutadana en biodiversitat: inventaris, recerca ecològica i educació ambiental (Dickinson *et al.*, 2012). Centrats en els dos primers objectius, es poden identificar quatre àmbits d'interès: catàlegs de biodiversitat, seguiment de l'estat de conservació d'àrees naturals i, més recentment, la dinàmica d'expansió de les espècies invasores així com del canvi climàtic.

El primer bloc, el més comú, persegueix l'estudi directe de la diversitat biològica, sigui la instantània en un espai concret, biodiversitat α , o la dinàmica de canvi en els components d'un ecosistema, biodiversitat β (Abadie *et al.*, 2008). La diversitat dels diferents grups biològics no és equànime tractada ja que determinats animals (ocells, papallones, etc.) o plantes (orquídiades) atreuen més interès de la ciutadania que altres (com li passa a l'Administració). També es donen casos d'atracció per determinats hàbitats, com és el cas del seguiment de la qualitat dels rius.

L'altre gran punt d'interès ciutadà és la implicació en projectes orientats a avaluar programes de conservació ambiental, on el valor aplicat de la recerca és totalment obvi (Araya

et al., 2009; Ryder *et al.*, 2010). Els ciutadans investigadors sumen atribucions i a més d'observadors actuen també en la vigilància del territori (Cooper *et al.*, 2007), sense descurar el medi urbà (Oscarson & Calhoun, 2007; Tzoulas & James, 2010) i fins i tot cooperen per millorar les metodologies d'estudi (Ianone *et al.*, 2012).

Els altres dos objectius de recerca que han captat l'atenció ciutadana corresponen a problemàtiques de preocupació social més recent. D'una banda, les espècies invasores han irromput per provocar serioses inquietuds sobre alteracions dels paisatges naturals. En tractar-se normalment de projectes orientats a una o poques espècies, la formació i incorporació de voluntaris al seguiment d'invasions biològiques pot concitar esforços menys exigents, alhora que la urgència a participar es fa proporcional a la velocitat i extensió del fenomen en estudi (Losey *et al.*, 2007; Fitzpatrick *et al.*, 2009; Crall *et al.*, 2010; Newman, Crall *et al.*, 2010; Ashcroft *et al.*, 2011; Gallo & Waitt, 2011).

Una dinàmica aparentment més lenta, però més universal que la colonització d'espècies invasores, és la del canvi climàtic. Les sèries temporals idònies per analitzar fenòmens d'aquest calibre troben un gran fonament en les accions preterites de voluntaris naturalistes disposats a mantenir una activitat d'observació de la natura perllongada i iniciada fa temps sense la motivació actual (Devictor *et al.*, 2010; Abolafya *et al.*, 2013). La creació i manteniment de sèries temporals des d'antic per part de persones voluntàries, abans de la manifestació dels actuals problemes, ara es demostra molt valuosa.

Avaluació de riscos i punts febles: qualitat de la informació obtinguda i formació

Tant si es tracta d'una observació puntual per a un projecte participatiu com d'un informe resum del treball de camp d'una entitat naturalista, la clau de volta és la confiança que es pot disposar en la informació proporcionada per les persones voluntàries. En el supòsit que les dades de biodiversitat condicionin la presa de decisions sobre la gestió de recursos naturals, la immediatesa d'aplicació imposa una avaluació de la qualitat encara més ràpida (Conrad & Hilchey, 2011).

Afortunadament, diverses anàlisis de qualitat de les dades obtingudes per no professionals estan disponibles per donar suport a la ciència ciutadana aplicada al coneixement de la biodiversitat. Les valoracions s'han fet sobre projectes oberts a voluntaris no experts i no tant a programes de col·lectius naturalistes, previsiblement més formats. Cal suposar que les característiques negatives que es puguin detectar en la participació ciutadana en general seran menors en projectes de naturalistes experts, de manera que té sentit ocupar-se dels projectes més vulnerables.

Ocasionalment els mateixos investigadors que coordinen projectes amb voluntaris accedeixen a valorar la implicació dels ciutadans. Les impressions són majoritàriament positives (Stevenson & Morris, 2002; Lepczyk, 2005; Pittman & Dorcas, 2006; Abadie *et al.*, 2008; Braschler *et al.*, 2009; Weckel *et al.*, 2010; Silvertown *et al.*, 2011; Wood *et al.*, 2011; Jiguet *et al.*, 2012; Marzluff, 2012; Wilson *et al.*, 2013). Malgrat

les barreres metodològiques que poden frenar la col·laboració ciutadana en estudis vinculats al medi marí, també s'hi han practicat estudis per demostrar la validesa de projectes de recerca participativa (Goffredo *et al.*, 2010; Lorenzo *et al.*, 2011). En el moment de valorar resultats és imprescindible tenir en compte que l'esforç invertit en propiciar la dinàmica de participació que requereixen la majoria de projectes no és negligible (Bonney, Cooper *et al.*, 2009), conclusió que reforça la idea que els voluntaris no representen una solució simple a les mancances del sistema de recerca.

Les avaluacions de qualitat de les dades, fins al moment present, són tan optimistes com sinceres en afirmar que no tot és possible. Les anàlisis de qualitat comparen els resultats obtinguts pels voluntaris amb els recollits per professionals i, en general, aproven la contribució ciutadana (Oscarson & Calhoun, 2007; Abadie *et al.*, 2008; Newman, Crall *et al.*, 2010), però cal preveure algunes contingències. La capacitat mitjana dels voluntaris per proporcionar dades de qualitat és directament proporcional a la formació prèvia i a la que puguin rebre en el curs de la seva participació (Newman, Crall *et al.*, 2010; Marra & Reitsma, 2012) i a la seva implicació local (See *et al.*, 2013). La formació amplia les capacitats personals i redueix la subjectivitat (Lovell *et al.*, 2009), aplicant per exemple vocabularis prèviament estipulats, alternatius a les notes de text lliure.

Els aspectes metodològics que poden donar lloc a dades més arriscades, en el context de la contribució ciutadana, són els que precisen ensinistrament i experiència previs. Les conseqüències indesitjables són: d'una banda la falta de repetibilitat i homogeneïtat entre voluntaris (Abadie *et al.*, 2008) i, de l'altra la infrarepresentació de dades (Kremen *et al.*, 2011). Per contrarestar aquestes possibles limitacions es plantegen algunes solucions: verificació de mostres per part de professionals (Kindberg *et al.*, 2009; Kirkhope, 2010), considerar les dades ciutadanes com un complement de les obtingudes per professionals (Lovell *et al.*, 2009; Snäll *et al.*, 2011; Tulloch *et al.*, 2013), adoptar solucions estadístiques per corregir errors (Bird *et al.*, 2014) i, per norma general, ser molt escrupolós en el disseny dels protocols de treball per tal que la formació i capacitat hi estiguin en sintonia (Schmeller *et al.*, 2009; Sewell *et al.*, 2010; Worthington *et al.*, 2011).

Voluntaris a Catalunya per a l'estudi de la biodiversitat

La vitalitat de les societats científiques naturalistes per a estudis en l'àmbit de la biologia és tributària del vincle entre professionals i no professionals que comparteixen projectes i instruments de comunicació. En el curs del temps, a Catalunya, queden testimonis inequívocs de la contribució de naturalistes en descriure el territori: la fundació de la ICHN, l'experiència de l'excursionisme científic, etc.

El paper de les societats científiques ha estat determinant. Quan concentren forces en els seus objectius temàtics poden arribar fins i tot a aprovisionar-se dels seus propis investigadors professionals. A Catalunya es compta amb dos exemples d'organitzacions naturalistes que consoliden un programa de

recerca propi de reconeixement mundial: es tracta del Catalan Butterfly Monitoring System que sosté una xarxa de més de 100 itineraris de seguiment anual de poblacions de papallones diürnes (<http://www.catalanbms.org/ca/participa/>) i de l'Institut Català d'Ornitologia amb més 5.000 ornitòlegs voluntaris (<http://www.ornitologia.org/ca/participa/projectes/index.html>). Són dues entitats focalitzades a grups biològics —papallones i ocells— que solen concentrar gran nombre de voluntaris i, alhora, també dues instàncies de creació d'una infraestructura de coneixement que va des de la recollida de dades fins a la interpretació de resultats i la difusió de les investigacions desenvolupades, passant per la gestió de la informació i dels col·laboradors.

La implicació ciutadana en la recerca ha continuat essent important i actualment es duen a terme molts projectes que entren de ple en l'àmbit de la ciència ciutadana. Aquest tema va ser el motiu de celebrar la jornada *El valor dels projectes de voluntariat en el coneixement i la gestió de la biodiversitat* que l'any 2010 van organitzar el Museu de Ciències Naturals de Barcelona i la Institució Catalana d'Història Natural. En les conclusions d'aquesta jornada (Germain & Uribe, 2010) es posa de relleu la qualitat dels projectes de ciència ciutadana en recerca naturalista i en programes de seguiment dels diferents components de la biodiversitat, i l'avenç que han experimentat en els darrers anys. En el catàleg de projectes de ciència ciutadana que les mateixes entitats han promogut com a continuació d'aquesta jornada, es descriuen projectes actius en l'àmbit català i més enllà (<http://www.bioexplora.cat/biodiversitat/cataleg.php>).

El desenvolupament de la ciència ciutadana a Catalunya, igual que en altres països, també abasta altres aspectes de la problemàtica ambiental, com és el cas del canvi climàtic. Cal destacar, entre d'altres, la iniciativa del Servei Meteorològic de Catalunya que l'any 2013 va proposar instaurar la Xarxa Fenològica de Catalunya (http://ca.wikipedia.org/wiki/Xarxa_Fenològica_de_Catalunya), un instrument participatiu que en una primera etapa es dirigeix als observadors meteorològics voluntaris i que més endavant es preveu obrir a totes les persones que hi puguin estar interessades.

El primer report de la recerca a Catalunya dedicat a la biologia d'organismes i sistemes (Bellés, 1998) analitza l'aportació del que en aquest informe s'anomenen investigadors independents: aquells que tot i desenvolupar la seva activitat professional en altres àmbits, mantenen una activitat de recerca naturalista normalment no remunerada i en publiquen els resultats. L'informe considera que el nombre d'investigadors independents a Catalunya era d'entre 400 i 500, mentre que el nombre d'investigadors professionals i adscrits a centres de recerca (inclosos els que es trobaven en formació i el personal auxiliar) arribava als 688. També és molt il·lustrativa la dada que posa de relleu que un 25 % de les publicacions de biologia d'organismes i sistemes fetes a Catalunya en el període estudiat (1990-1995) porten la signatura d'almenys un investigador independent. Dissortadament, els dos informes següents no han avaluat l'aportació dels anomenats investigadors independents degut a la dificultat de reconèixer aquesta condició de forma eficient en les diverses fonts d'informació consultades (Jaume Terradas, com. pers.).

Conclusions

El comú denominador de les reflexions anteriors és que la formació del voluntari pren la posició central en tots els projectes participatius. Impulsar, reconèixer i enriquir la formació de les persones implicades honoràriament en projectes de recerca permet aconseguir resultats de millor qualitat i també abordar projectes amb metodologies més complexes i, per tant, més potents i significatives. La formació i l'ambició d'objectius científics es realmenten. Els voluntaris han de percebre la millora en la seva formació, per la qual cosa els projectes participatius han de concebre mecanismes per avaluar i identificar aquests progressos.

El pivot dels projectes de ciència ciutadana són els científics, pertanyin a institucions de recerca o s'hagin generat gràcies a l'impuls dels propis projectes. El paper dels científics es reclama en totes les fases dels projectes: elaboració d'hipòtesis i disseny metodològic, seguiment i, finalment, anàlisi i publicació de resultats. El patró de qualitat que significa la intervenció de científics acreditats no exclou el valor potencial de la participació de voluntaris en la proposició d'hipòtesis, millores metodològiques, control de la pròpia participació, discussió i difusió dels resultats. Entre professionals i voluntaris hi ha espais de complementarietat i de suma positiva.

El factor objectiu que actua més en contra de la participació de científics professionals no és una hipotètica incompatibilitat amb els ciutadans no experts. Possiblement ho és més el poc reconeixement que puguin rebre els professionals de la recerca per donar suport a projectes de ciència ciutadana, perquè entra en contradicció amb les valoracions de producció científica més habituals.

La ciència ciutadana pot ser de gran qualitat i molt ben valorada si s'ajusten els factors necessaris (objectius, metodologia, formació, etc.). En cas contrari, augmenta el risc de popularització banal de projectes participatius. L'antídoto més eficaç pot ser invocar procediments de control de qualitat de les dades per deduir els límits de confiança que s'atorguen als resultats. La fiabilitat contrastada ha de ser motiu d'aproximació cada cop més estreta entre la comunitat acadèmica i les expectatives dels voluntaris. És de preveure que l'aplicació de controls de qualitat sigui més factible en projectes impulsats per organitzacions naturalistes. En particular, les societats naturalistes que acullen científics professionals, naturalistes reconeguts i aficionats de vocació recent estaran molt ben situades per impulsar projectes de ciència ciutadana basant-se en el doble benefici, dades a canvi de formació, i en un fluid diàleg intern.

Des d'un punt de vista més tècnic, caldria afavorir la connexió de les dades obtingudes en el desenvolupament de projectes participatius en plataformes d'agregació o bancs de dades de biodiversitat. La publicació de dades en el format i mitjà de comunicació que el projecte consideri convenient, no exclou l'opció d'incorporar aquesta informació en serveis web que reuneixen multitud de fonts d'informació de manera que una sola consulta recupera informació de totes les fonts vinculades. En el món actual d'Internet aquestes plataformes garanteixen un ús multiplicat de la informació reunida pels projectes de camp i en si mateixes representen compromisos de qualitat per a qui proveeix les dades.

Catalunya acredita una llarga història de col·laboració ciutadana en la recerca naturalista. Per conèixer millor la realitat caldria aprofundir en la reconstrucció de les traces històriques i mantenir un seguiment actiu de les manifestacions més recents de la ciència ciutadana en l'estudi de la natura a Catalunya. La topografia del teixit naturalista hauria de servir per dimensionar un sector social que crea poca demanda de recursos i produeix una elevada quantitat de serveis a la societat.

Agraïments

La cooperativa Nusos, Activitats Científiques i Culturals, va celebrar recentment el seu desè aniversari de funcionament. A més de la gresca, la festa va donar cabuda a debats i un d'ells es va obrir per tractar les ciències ciutadanes, especialment en l'àmbit de la biodiversitat. L'escalf d'aquella conversa va animar a elaborar aquest text. El resultat final de l'article s'ha beneficiat de les opinions i consells rebuts per part de dues persones que han actuat com avaluadores del text: Roser Campeny i Eulàlia Comas.

Bibliografia

- ABADIE, J.-C., ANDRADE, C., MACHON, N. & PORCHER, E. 2008. On the use of parataxonomy in biodiversity monitoring: a case study on wild flora. *Biodiversity and Conservation*, 17 (14): 3485-3500.
- ABOLAFYA, M., ONMUŞ, O., ŞEKERCIOĞLU, Ç. H. & BILGIN, R. 2013. Using citizen science data to model the distributions of common songbirds of Turkey under different global climatic change scenarios. *PLoS ONE*, 8 (7): e68037.
- ARAYA, Y. N., SCHMIEDEL, U. & WITT, C. VON. 2009. Linking 'citizen scientists' to professionals in ecological research, examples from Namibia and South Africa. *Conservation Evidence*, 6: 1117.
- ASHCROFT, M. B., GOLLAN, J. R. & BATLEY, M. 2011. Combining citizen science, bioclimatic envelope models and observed habitat preferences to determine the distribution of an inconspicuous, recently detected introduced bee (*Halictus smaragdulus* Vachal, Hymenoptera: Halictidae) in Australia. *Biological Invasions*, 14 (3): 515-527.
- BELLÉS, X. 1998. *Reports de la recerca a Catalunya. Biologia d'organismes i sistemes*. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- BIRD, T. J., BATES, A. E., LEFCHECK, J. S., HILL, N. A., THOMSON, R. J., EDGAR, G. J., STUART-SMITH, R. D., WOTHERSPOON, S., KRKOSEK, M., STUART-SMITH, J. F., PECL, G. T., BARRETT, N., FRUSHER, S. 2014. Statistical solutions for error and bias in global citizen science datasets. *Biological Conservation*, 173: 144-154.
- BONNEY, R., BALLARD, H., JORDAN, R., MCCALLIE, E., PHILLIPS, E., SHIRK, J. & WILDERMAN, C. C. 2009. *Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education*. Center for Advancement of Informal Science Education, Washington. 58 p.
- BONNEY, R., COOPER, C. B., DICKINSON, J., KELLING, S., PHILLIPS, T., ROSENBERG, K. V. & SHIRK, J. 2009. Citizen Science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59 (11): 977-984.
- BRASCHLER, B., MAHOOD, K., KARENYI, N., GASTON, K. J. & CHOWN, S. L. 2009. Realizing a synergy between research and education: how participation in ant monitoring helps raise

- biodiversity awareness in a resource-poor country. *Journal of Insect Conservation*, 14 (1): 19-30.
- COLL, M., CARRERAS, M., CIÉRCOLES, C., CORNAX, M.-J., GORELLI, G., MOROTE, E. & SÁEZ, R. 2014. Assessing fishing and marine biodiversity changes using fishers' perceptions: The Spanish Mediterranean and Gulf of Cadiz case study. *PLoS ONE*, 9 (1): e85670.
- CONRAD, C. C. & HILCHEY, K. G. 2011. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental monitoring and assessment*, 176 (1-4): 273-291.
- COOPER, C. B., DICKINSON, J., PHILLIPS, T. & BONNEY, R. 2007. Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology and Society*, 12 (2): 11.
- COOPER, S., KHATIB, F., TREUILLE, A., BARBERO, J., LEE, J., BEENEN, M., LEAVER-FAY, A., BAKER, D., POPOVIC, Z. & FOLDIT PLAYERS. 2010. Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature*, 466: 756-760.
- COUVET, D., JIGUET, F., JULLIARD, R., LEVREL, H. & TEYSSÉDRE, A. 2008. Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy. *Interdisciplinary Science Reviews*, 33 (1): 95-103.
- CRALL, A. W., NEWMAN, G. J., JARNEVICH, C. S., STOHLGREN, T. J., WALLER, D. M. & GRAHAM, J. 2010. Improving and integrating data on invasive species collected by citizen scientists. *Biological Invasions*, 12 (10): 3419-3428.
- DEVICTOR, V., WHITTAKER, R. J. & BELTRAME, C. 2010. Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16 (3): 354-362.
- DICKINSON, J. L. & BONNEY, R. (eds.) 2012. *Citizen Science. Public participation in environmental research*. Comstock Publishing Associates and Cornell University Press, Ithaca and London. 279 p.
- DICKINSON, J. L., SHIRK, J., BONTER, D., BONNEY, R., CRAIN, R. L., MARTIN, J., PHILLIPS, T. & PURCELL, K. 2012. The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10 (6): 291-297.
- DICKINSON, J. L., ZUCKERBERG, B. & BONTER, D. N. 2010. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41 (1): 149-172.
- FITZPATRICK, J. W. 2012. *Afterword*. P. 235-240. In: J. L. Dickinson & R. Bonney (eds.). *Citizen Science: public participation in environmental research*. Comstock Publishing Associates; Cornell University Press. Ithaca and London.
- FITZPATRICK, M. C., PREISSER, E. L., ELLISON, A. & ELKINTON, J. 2009. Observer bias and the detection of low-density populations. *Ecological Applications*, 19 (7): 1673-1679.
- FONTAINE, B., VANACHTERBERG, K., ALONSO-ZARAZAGA, M. A., ARAUJO, R., ASCHE, M., ASPÖCK, H., ASPÖCK, U. AUDISIO, P., AUKEMA, B., BAILLY, N., BALSAMO, M., BANK, R. A., BELFIORE, C., BOGDANOWICZ, W., BOXSHALL, G., BURCKHARDT, D., CHYLARECKI, P., DEHARVENG, L., DUBOIS, A., ENGHOFF, H., FOCHETTI, R., FONTAINE, C., GARGOMINY, O., GOMEZ LOPEZ, M. S., GOUJET, D., HARVEY, M. S., HELLER, K. G., VAN HELSDINGEN, P., HOCH, H., DE JONG, Y., KARSHOLT, O., LOS, W., MAGOWSKI, W., MASSARD, J. A., MCINNES, S. J., MENDES, L. F., MEY, E., MICHELSEN, V., MINELLI, A., NIETO NAFRIA, J. M., VAN NIEUKERKEN, E. J., PAPE, T., DE PRINS, W., RAMOS, M., RICCI, C., ROSELAAR, C., ROTA, E., SEGERS, H., TIMM, T., VAN TOL, J. & BOUCHET, P. 2012. New species in the Old World: Europe as a frontier in biodiversity exploration, a test bed for 21st century taxonomy. *PLoS ONE*, 7 (5): e36881.
- GALLO, T. & WAITT, D. 2011. Creating a successful citizen science model to detect and report invasive species. *BioScience*, 61 (6), 459-465.
- GERMAIN, J. & URIBE, F. (eds.) 2010. Reflexions al voltant de la implicació ciutadana en projectes de recerca sobre biodiversitat. Museu de Ciències Naturals de Barcelona i Institució Catalana d'Història Natural, Barcelona. Disponible a http://ichn.iec.cat/pdf/VolBiodiv_conclusions.pdf
- GOFFREDO, S., PENSA, F., NERI, P., ORLANDI, A., GAGLIARDI, M. S., VELARDI, A., PICCINETI, C. & ZACCANTI, F. 2010. Unite research with what citizens do for fun: 'recreational monitoring' of marine biodiversity. *Ecological applications*, 20 (8): 2170-2187.
- GREENWOOD, J. J. D. 2012. *Citizens, science, and environmental policy*. P. 150-164. In: J. L. Dickinson & R. Bonney (eds.). *Citizen Science: public participation in environmental research*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca and London.
- HALL, G. B., CHIPENIUK, R., FEICK, R. D., LEAHY, M. G. & DEPARDAY, V. 2010. Community-based production of geographic information using open source software and Web 2.0. *International Journal of Geographical Information Science*, 24 (5-6): 761-781.
- HARDY, D., FREW, J. & GOODCHILD, M. F. 2012. Volunteered geographic information production as a spatial process. *International Journal of Geographical Information Science*, 26 (7-8): 1191-1212.
- HILL, A., GURALNICK, R., SMITH, A., SALLANS, A., GILLESPIE, R., DENSLOW, M., GROSS, J., MURRELL, Z., CONYERS, T., OBOYSKI, P., BALL, J., THOMER, A., PRYS-JONES, R., DE TORRE, J., KOCIOLEK, P. & FORTSON, L. 2012. The notes from nature tool for unlocking biodiversity records from museum records through citizen science. *ZooKeys*, 233 (209): 219-233.
- IANONE, B. V. I., UMEK, L. G., WISE, D. H. & HENEGHAN, L. 2012. A simple, safe, and effective sampling technique for investigating earthworm communities in woodland soils: implications for citizen science. *Natural Areas Journal*, 32 (3): 283-292.
- JANZEN, D. H. & HALLWACHS, W. 2011. Joining inventory by parataxonomists with DNA barcoding of a large complex tropical conserved wildland in Northwestern Costa Rica. *PLoS ONE*, 6 (8): e18123.
- JIGUET, F., DEVICTOR, V., JULLIARD, R. & COUVET, D. 2012. French citizens monitoring ordinary birds provide tools for conservation and ecological sciences. *Acta Oecologica*, 44: 58-66.
- KAWRYKOW, A., ROUMANIS, G., KAM, A., KWAK, D., LEUNG, C., WU, C., ZAROOR, E., PHYLO PLAYERS, SARMENTA, L., BLANCHETTE, M. & WALDISPÜHL, J. 2012. Phylo: a citizen science approach for improving multiple sequence alignment. *PLoS ONE*, 7 (3): e31362.
- KELLING, S., HOCHACHKA, W. M., FINK, D., RIEDEWALD, M., CARUANA, R., BALLARD, G. & HOOKER, G. 2009. Data-intensive science: A new paradigm for biodiversity studies. *BioScience*, 59 (7): 613-620.
- KINDBERG, J., ERICSSON, G. & SWENSON, J. E. 2009. Monitoring rare or elusive large mammals using effort-corrected voluntary observers. *Biological Conservation*, 142 (1): 159-165.
- KIRKHOPE, C. L. 2010. *Social networking for biodiversity: The BeeID project*. P. 625-626. In: Information Society (i-Society), 2010 International Conference. London.
- KREMEN, C., ULLMAN, K. S. & THORP, R. W. 2011. Evaluating the quality of citizen-scientist data on pollinator communities. *Conservation biology*, 25 (3): 607-617.

- LEPCZYK, C. A. 2005. Integrating published data and citizen science to describe bird diversity across a landscape. *Journal of Applied Ecology*, 42 (4): 672-677.
- LEPCZYK, C. A., BOYLE, O. D., VARGO, T. L., GOULD, P. & JORDAN, R. 2009. Citizen science in ecology: The intersection of research and education. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 90 (3): 308-317.
- LORENZO, B., ILARIA, V., SERGIO, R., STEFANO, S. & GIOVANNI, S. 2011. Involvement of recreational scuba divers in emblematic species monitoring: The case of Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*). *Journal for Nature Conservation*, 19 (5): 312-318.
- LOSEY, J. E., PERLMAN, J. E. & HOEBEKE, E. R. 2007. Citizen scientist rediscovers rare nine-spotted lady beetle, *Coccinella novemnotata*, in eastern North America. *Journal of Insect Conservation*, 11 (4): 415-417.
- LOVELL, S., HAMER, M., SLOTOW, R. & HERBERT, D. 2009. An assessment of the use of volunteers for terrestrial invertebrate biodiversity surveys. *Biodiversity and Conservation*, 18 (12): 3295-3307.
- MALUQUER, J. (1994). Origen de la ornitología en Cataluña. *La Garcilla*, 90: 22-24.
- MARRA, P. P. & REITSMA, R. 2012. *Neighborhood nestwatch: mentoring citizens in the urban matrix*. P. 43-50. In: J. L. Dickinson & R. Bonney (eds.). *Citizen Science: public participation in environmental research*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca and London.
- MARTY, P. F. 1999. Museum informatics and collaborative technologies: The emerging socio-technological dimension of information science in museum environments. *Journal of the American Society for Information Science*, 50 (12): 1083-1091.
- MARZLUFF, J. M. 2012. Citizen science: Public participation in environmental research. *BioScience*, 63 (2): 1-304.
- MAYER, A. 2010. Phenology and citizen science. *BioScience*, 60 (3): 172-175.
- MILLER-RUSHING, A., PRIMACK, R. & BONNEY, R. 2012. The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10 (6): 285-290.
- NEWMAN, G., CRALL, A., LAITURI, M., GRAHAM, J., STOHLGREN, T., MOORE, J. C., KODRICH, K. & HOLFELDER, K. A. 2010. Teaching citizen science skills online: Implications for invasive species training programs. *Applied Environmental Education & Communication*, 9 (4): 37-41.
- NEWMAN, G., ZIMMERMAN, D., CRALL, A., LAITURI, M., GRAHAM, J. & STAPEL, L. 2010. User-friendly web mapping: lessons from a citizen science website. *International Journal of Geographical Information Science*, 24 (12): 1851-1869.
- OSCARSON, D. B. & CALHOUN, A. J. K. 2007. Developing vernal pool conservation plans at the local level using citizen-scientists. *Wetlands*, 27 (1): 80-95.
- PEARSON, D. L., HAMILTON, A. L. & ERWIN, T. L. 2011. Recovery plan for the endangered taxonomy profession. *BioScience*, 61 (1): 58-63.
- PITTMAN, S. E. & DORCAS, M. E. 2006. Catawba River Corridor coverboard program: A citizen science approach to amphibian and reptile inventory. *Journal of the North Carolina Academy of Sciences*, 122 (4): 142-151.
- ROY, H. E., POCOCK, M. J. O., PRESTON, C. D., ROY, D. B., SAVAGE, J., TWEDDLE, J. C. & ROBINSON, L. D. 2012. *Understanding Citizen Science and Environmental Monitoring*. Final Report on behalf of UK-EOF. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum. 176 p.
- RYDER, T. B., REITSMA, R., EVANS, B. & MARRA, P. P. 2010. Quantifying avian nest survival along an urbanization gradient using citizen- and scientist-generated data. *Ecological applications*, 20 (2): 419-426.
- SCHMELLER, D. S., HENRY, P.-Y., JULLIARD, R., GRUBER, B., CLOBERT, J., DZIOCK, F., LENGYEL, S., NOWICKI, P., DÉRI, E., BUDRYS, E., KULL, T., TALI, K., BAUCH, B., SETTELE, J., VAN SWAAY, C., KOBLER, A., BABIJ, V., PASTERGIADOU, E. & HENLE, K. 2009. Advantages of volunteer-based biodiversity monitoring in Europe. *Conservation Biology*, 23 (2): 307-316.
- SEE, L., COMBER, A., SALK, C., FRITZ, S., VAN DER VELDE, M., PERGER, C., SCHILL, C., MCCALLUM, I., KRAXNER, F. & OBERSTEINER, M. 2013. Comparing the quality of crowdsourced data contributed by expert and non-experts. *PLoS ONE*, 8 (7): e69958.
- SEWELL, D., BEEBEE, T. J. C. & GRIFFITHS, R. A. 2010. Optimising biodiversity assessments by volunteers: The application of occupancy modelling to large-scale amphibian surveys. *Biological Conservation*, 143: 2102-2110.
- SILVERTOWN, J., COOK, L., CAMERON, R., DODD, M., MCCONWAY, K., WORTHINGTON, J., SKELTON, P., ANTON, C., BOSSDORF, O., BAUR, B., SCHILTHUIZEN, M., FONTAINE, B., SATTMANN, H., BERTORELLE, G., CORREIA, M., OLIVEIRA, C., POKRYSZKO, B., OŽGO, M., STALAŽS, A., GILL, E., RAMMUL, U., SÓLYMOS, P., FÉHER, Z. & JUAN, X. 2011. Citizen science reveals unexpected continental-scale evolutionary change in a model organism. *PLoS ONE*, 6 (4): e18927.
- SNÄLL, T., KINDVALL, O., NILSSON, J. & PÄRT, T. 2011. Evaluating citizen-based presence data for bird monitoring. *Biological Conservation*, 144 (2): 804-810.
- STEVENSON, R. D. & MORRIS, R. A. 2002. *Community Science For Biodiversity Monitoring* P. 1-4. In: Proceedings of the 2002 annual national conference on digital government research. Digital Government Society of North America.
- TULLOCH, A. I. T., MUSTIN, K., POSSINGHAM, H. P., SZABO, J. K. & WILSON, K. A. 2013. To boldly go where no volunteer has gone before: predicting volunteer activity to prioritize surveys at the landscape scale. *Diversity and Distributions*, 19 (4): 465-480.
- TZOULAS, K. & JAMES, P. 2010. Making biodiversity measures accessible to non-specialists: an innovative method for rapid assessment of urban biodiversity. *Urban Ecosystems*, 13 (1): 113-127.
- WECKEL, M. E., MACK, D., NAGY, C., CHRISTIE, R. & WINCORN, A. 2010. Using citizen science to map human-coyote interaction in suburban New York, USA. *Journal of Wildlife Management*, 74 (5): 1163-1171.
- WEE, Y. C. & SUBARAJ, R. 2009. Citizen science and the gathering of ornithological data in Singapore. *Nature in Singapore*, 2 (January): 27-30.
- WILSON, S., ANDERSON, E. M., WILSON, A. S. G., BERTRAM, D. F. & ARCESE, P. 2013. Citizen science reveals an extensive shift in the winter distribution of migratory western grebes. *PLoS ONE*, 8 (6): e65408.
- WOOD, C., SULLIVAN, B., ILIFF, M., FINK, D. & KELLING, S. 2011. eBird: engaging birders in science and conservation. *PLoS biology*, 9 (12): e1001220.
- WORTHINGTON, J. P., SILVERTOWN, J., COOK, L., CAMERON, R., DODD, M., GREENWOOD, R. M., MCCONWAY, K. & SKELTON, P. 2011. Evolution MegaLab: a case study in citizen science methods. *Methods in Ecology and Evolution*, 3 (2): 303-309.
- YATES, K. L. & SCHOEMAN, D. S. 2013. Spatial access priority mapping (SAPM) with fishers: A quantitative GIS method for participatory planning. *PLoS ONE*, 8 (7): e68424.