

# **Influential Article Review - Twitter as A Communication Channel for Scientists**

**Harold Washington**

**Joan Hughes**

**Ryan Baker**

*This paper examines innovation. We present insights from a highly influential paper. Here are the highlights from this paper: There have been strong calls for scientists to share their discoveries with society. Some scientists have heeded these calls through social media platforms such as Twitter. Here, we ask whether Twitter allows scientists to promote their findings primarily to other scientists (“inreach”), or whether it can help them reach broader, non-scientific audiences (“outreach”). We analyzed the Twitter followers of more than 100 faculty members in ecology and evolutionary biology and found that their followers are, on average, predominantly (~55%) other scientists. However, beyond a threshold of ~1000 followers, the range of follower types became more diverse and included research and educational organizations, media, members of the public with no stated association with science, and a small number of decision-makers. This varied audience was, in turn, followed by more people, resulting in an exponential increase in the social media reach of tweeting academic scientists. Tweeting, therefore, has the potential to disseminate scientific information widely after initial efforts to gain followers. These results should encourage scientists to invest in building a social media presence for scientific outreach. For our overseas readers, we then present the insights from this paper in Spanish, French, Portuguese, and German.*

## **SUMMARY**

- Academic scientists on Twitter start by preaching to the choir but can eventually sing from the rooftops. Twitter is partly an echo chamber for academic scientists where, on average, tweeting academic scientists have more followers who are scientists than who are non-scientists. This pattern is particularly marked for academic scientists who have fewer than 1000 followers: these academics are primarily followed by other scientists. However, beyond this threshold, the tweets of academic scientists can reach a more varied audience, composed primarily of non-scientists. Twitter then has the potential to function as an outreach tool.
- The extent to which Twitter allows academic scientists to reach broad audiences has, until now, been unclear. There is evidence that people selectively read what fits with their perception of the world. Thus, non-scientists who follow scientists on Twitter might already be positively inclined to consume scientific information. If this is true, then one could argue that Twitter therefore remains an echo chamber, but it is a much larger one than the usual readership of scientific publications. Moreover, it is difficult to gauge the level of understanding of scientific tweets. The brevity and

fragmented nature of science tweets can lead to shallow processing and comprehension of the message. One metric of the influence of tweets is the extent to which they are shared. Twitter users retweet posts when they find them interesting and when they deem the source credible. The general concern about whether scientific tweets are actually read by followers applies even more strongly to decision-makers, as they are known to use Twitter largely as a broadcasting tool rather than for dialogue. Thus, social media is not likely an effective replacement for more direct science-to-policy outreach that many scientists are now engaging in, such as testifying in front of special governmental committees, directly contacting decision-makers, etc. However, by actively engaging a large Twitter following of non-scientists, scientists increase the odds of being followed by a decision-maker who might see their messages, as well as the odds of being identified as a potential expert for further contributions.

- So how can a scientist build and engage with their Twitter following? In general, people who tweet more have more followers. Whether causal or simply correlational, the strength of this association is nevertheless variable and generally low.

## HIGHLY INFLUENTIAL ARTICLE

We used the following article as a basis of our evaluation:

Côté, I. M., & Darling, E. S. (2018). Scientists on Twitter: Preaching to the choir or singing from the rooftops? *FACETS*, 3(1), 682–694.

This is the link to the publisher's website:

<https://www.facetsjournal.com/doi/10.1139/facets-2018-0002#ttl4>

## INTRODUCTION

Communication has always been an integral part of the scientific endeavour. In Victorian times, for example, prominent scientists such as Thomas H. Huxley and Louis Agassiz delivered public lectures that were printed, often verbatim, in newspapers and magazines (Weigold 2001), and Charles Darwin wrote his seminal book “On the origin of species” for a popular, non-specialist audience (Desmond and Moore 1991). In modern times, the pace of science communication has become immensely faster, information is conveyed in smaller units, and the modes of delivery are far more numerous. These three trends have culminated in the use of social media by scientists to share their research in accessible and relevant ways to potential audiences beyond their peers. The emphasis on accessibility and relevance aligns with calls for scientists to abandon jargon and to frame and share their science, especially in a “post-truth” world that can emphasize emotion over factual information (Nisbet and Mooney 2007; Bubela et al. 2009; Wilcox 2012; Lubchenco 2017).

The microblogging platform Twitter is emerging as a medium of choice for scientists (Collins et al. 2016), although it is still used by a minority (<40%) of academic faculty (Bart 2009; Noorden 2014). Twitter allows users to post short messages (originally up to 140 characters, increased to 280 characters since November 2017) that can be read by any other user. Users can elect to follow other users whose posts they are interested in, in which case they automatically see their followees' tweets; conversely, users can be followed by other users, in which case their tweets can be seen by their followers. No permission is needed to follow a user, and reciprocation of following is not mandatory. Tweets can be categorized (with hashtags), repeated (retweeted), and shared via other social media platforms, which can exponentially amplify their spread and can offer links to websites, blogs, or scientific papers (Shiffman 2012).

There are scientific advantages to using digital communication technologies such as Twitter. Scientific users describe it as a means to stay abreast of new scientific literature, grant opportunities, and science policy, to promote their own published papers and exchange ideas, and to participate in conferences they cannot attend in person as “virtual delegates” (Bonetta 2009; Bik and Goldstein 2013; Parsons et al. 2014;

Bombaci et al. 2016). Twitter can play a role in most parts of the life cycle of a scientific publication, from making connections with potential collaborators, to collecting data or finding data sources, to dissemination of the finished product (Darling et al. 2013; Choo et al. 2015). There are also some quantifiable benefits for scientists using social media. For example, papers that are tweeted about more often also accumulate more citations (Eysenbach 2011; Thelwall et al. 2013; Peoples et al. 2016), and the volume of tweets in the first week following publication correlates with the likelihood of a paper becoming highly cited (Eysenbach 2011), although such relationships are not always present (e.g., Haustein et al. 2014).

In addition to any academic benefits, scientists might adopt social media, and Twitter in particular, because of the potential to increase the reach of scientific messages and direct engagement with non-scientific audiences (Choo et al. 2015). This potential comes from the fact that Twitter leverages the power of weak ties, defined as low-investment social interactions that are not based on personal relationships (Granovetter 1973). On Twitter, followers–followee relationships are weak: users generally do not personally know the people they follow or the people who follow them, as their interactions are based mainly on message content. Nevertheless, by retweeting and sharing messages, weak ties can act as bridges across social, geographic, or cultural groups and contribute to a wide and rapid spread of information (Zhao et al. 2010; Ugander et al. 2012). The extent to which the messages of tweeting scientists benefit from the power of weak ties is unknown. Does Twitter provide a platform that allows scientists to simply promote their findings to other scientists within the ivory tower (i.e., “inreach”), or are tweeting scientists truly exploiting social media to potentially reach new audiences (“outreach”) (Bik et al. 2015; McClain and Neeley 2015; Fig. 1)?

Here, we ask whether scientists are, in fact, engaging broader audiences through social media by examining who follows tweeting scientists and how audience composition changes as followers accumulate over time. We define broader audiences as members of the public who are not scientists, which can include members of the media, decision-makers, and people in other non-scientific sectors and interest groups (Burns et al. 2003). If tweeting is mainly a form of inreach, we expect that the majority of followers of tweeting scientists will consist of other scientists, with perhaps some spillover across scientific disciplines (Ke et al. 2017), but with fewer non-scientific followers (Fig. 1). Such a limited reach by scientists could arise through an “echo chamber” effect, where individuals preferentially seek and consume information from like-minded individuals (i.e., homophily; Sears and Freedman 1967; McPherson et al. 2001; Sunstein 2001), or through a “bubble filter” effect, where algorithms that generate recommendations about whom to follow are based on a user’s existing followees (Pariser 2011). In contrast, if tweeting functions as an outreach tool, we hypothesize that tweeting scientists might initially gain mainly other scientists in their own discipline as followers, but that over time the range of follower types might increase, from scientists in other disciplines to non-scientific members of the public, the media, and ultimately decision-makers (e.g., politicians; Fig. 1). Although reaching decision-makers might not be a sought-after goal for all tweeting scientists, it does represent a potentially powerful conduit for the practical application and communication of scientific discoveries.

## CONCLUSION

Academic scientists on Twitter start by preaching to the choir but can eventually sing from the rooftops. Twitter is partly an echo chamber for academic scientists where, on average, tweeting academic scientists have more followers who are scientists than who are non-scientists. This pattern is particularly marked for academic scientists who have fewer than 1000 followers: these academics are primarily followed by other scientists. However, beyond this threshold, the tweets of academic scientists can reach a more varied audience, composed primarily of non-scientists. Twitter then has the potential to function as an outreach tool.

The extent to which Twitter allows academic scientists to reach broad audiences has, until now, been unclear. Indeed, the intended audience of many tweeting scientists is often limited to fellow researchers (Priem and Costello 2010; Collins et al. 2016), and disciplinary silos exist in social media, with little mixing across subject-specific networks of scientists (Ke et al. 2017). However, the audiences of academics can be

much more varied. Darling et al. (2013), for example, found that the followers of that paper's four co-authors included academic, government, and non-governmental organization (NGO) scientists, students, and journalists. A survey of live tweeting from an international conservation congress similarly found that tweets from that conference reached a non-attending audience that was far more diverse than the conference participants (Bombaci et al. 2016). Our results support these findings and show that audience heterogeneity rises over time, as the number of followers increases. Having more followers does not only mean a more diverse audience, but a vastly expanded reach. Academic scientists generally have limited reaches, i.e., they are followed by people (usually other academics) who have few followers. The broadening of diversity associated with a larger following also brings follower types that are more popular, drastically increasing the overall reach of scientific messages.

Of course, high numbers, diversity, and reach of followers offer no guarantee that messages will be read or understood. There is evidence that people selectively read what fits with their perception of the world (e.g., Sears and Freedman 1967; McPherson et al. 2001; Sunstein 2001; Himelboim et al. 2013). Thus, non-scientists who follow scientists on Twitter might already be positively inclined to consume scientific information. If this is true, then one could argue that Twitter therefore remains an echo chamber, but it is a much larger one than the usual readership of scientific publications. Moreover, it is difficult to gauge the level of understanding of scientific tweets. The brevity and fragmented nature of science tweets can lead to shallow processing and comprehension of the message (Jiang et al. 2016). One metric of the influence of tweets is the extent to which they are shared (i.e., retweeted). Twitter users retweet posts when they find them interesting (hence the posts were at least read, if not understood) and when they deem the source credible (Metaxas et al. 2015). To our knowledge, there are no data on how often tweets by scientists are reposted by different types of followers. Such information would provide further evidence for an outreach function of Twitter in science communication.

Under most theories of change that describe how science ultimately affects evidence-based policies, decision-makers are a crucial group that should be engaged by scientists (Smith et al. 2013). Policy changes can be affected either through direct application of research to policy or, more often, via pressure from public awareness, which can drive or be driven by research (Baron 2010; Phillis et al. 2013). Either pathway requires active engagement by scientists with society (Lubchenco 2017). It is arguably easier than ever for scientists to have access to decision- and policymakers, as officials at all levels of government are increasingly using social media to connect with the public (e.g., Grant et al. 2010; Kapp et al. 2015). However, we found that decision-makers accounted for only ~0.3% ( $n = 191$  out of 64 666) of the followers of academic scientists (see also Bombaci et al. 2016 in relation to the audiences of conference tweeting). Moreover, decision-makers begin to follow scientists in greater numbers only once the latter have reached a certain level of "popularity" (i.e., ~2200 followers; Table 2). The general concern about whether scientific tweets are actually read by followers applies even more strongly to decision-makers, as they are known to use Twitter largely as a broadcasting tool rather than for dialogue (Grant et al. 2010). Thus, social media is not likely an effective replacement for more direct science-to-policy outreach that many scientists are now engaging in, such as testifying in front of special governmental committees, directly contacting decision-makers, etc. However, by actively engaging a large Twitter following of non-scientists, scientists increase the odds of being followed by a decision-maker who might see their messages, as well as the odds of being identified as a potential expert for further contributions.

So how can a scientist build and engage with their Twitter following? In general, people who tweet more have more followers (e.g., Huberman et al. 2008; Kwak et al. 2010). Whether causal or simply correlational, the strength of this association is nevertheless variable and generally low (e.g., in this study,  $r = 0.48$ ). Moreover, the size of the following does not reflect how much followers engage with a user's tweets, for example by retweeting (Avnit 2009; Cha et al. 2010). For audience engagement, content matters (Bik et al. 2015). Tweets that contain hyperlinks and hashtags are more likely to be retweeted (e.g., Nagarajan et al. 2010; Suh et al. 2010; Pang and Law 2017), as are tweets that contain images (e.g., Bruni et al. 2012). Even more important for the likelihood of being retweeted is the topical relevance of the tweet to the follower (Shi et al. 2017), which speaks to the need for scientists to make their message matter to their intended audiences (Baron 2010). One final important lesson is that ordinary users that become

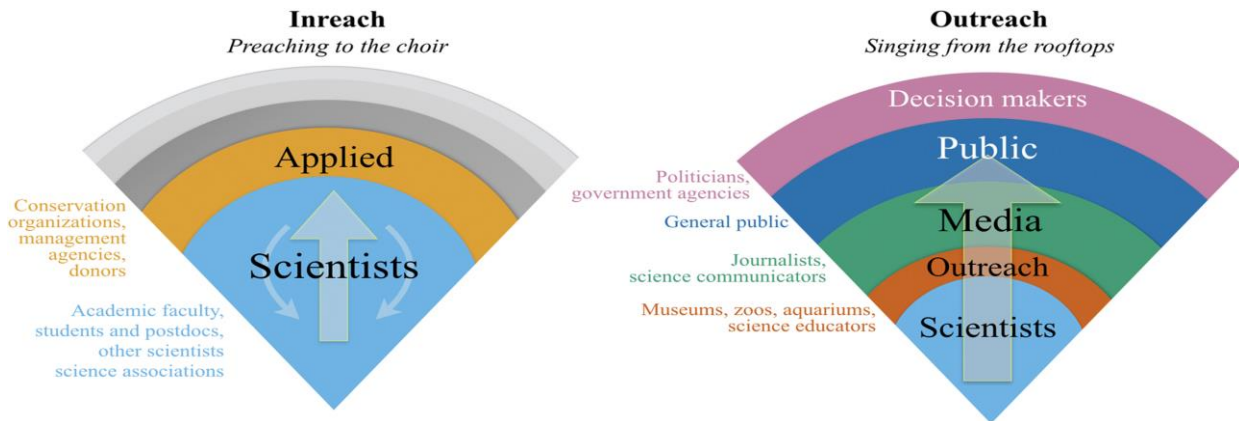
influential (i.e., that are mentioned and (or) retweeted frequently) tend to limit their tweets to narrow topics (Cha et al. 2010). Thus, although Twitter influence can be gained accidentally because of timing, circumstance, or emotion (e.g., Jackson and Spencer 2017), it is more often the result of concerted and persistent effort.

We assume that the patterns we have uncovered for a sample of ecologists and evolutionary biologists in faculty positions can apply broadly across other academic disciplines. We acknowledge that the initial list from which we chose users at random was likely to be biased in several ways. About 70% of users in the original list, and ~75% in our sample of 110 users (Table S5), were from the USA or the UK, although this matches the global distribution of Twitter users (Kulshrestha et al. 2012). Our sample also included predominantly male users (69%), but again, this gender bias reflects accurately the underrepresentation of women in academic positions, particularly across science and technology (e.g., <30% in American public universities, Li and Koedel 2017). Our selection of academics on Twitter also presents some bias through which academics choose to be on Twitter, who actively tweet about science, and who were selected to join the Twitter list we used in our analysis. There are some documented disciplinary differences in use of Twitter. For example, in a comparison of 10 academic fields spanning the sciences and humanities, researchers in digital humanities tweeted the most, economists shared the most links, and biochemists retweeted more than academic users in other fields (Holmberg and Thelwall 2014). However, whether these differences translate into differences in rates of accumulation of followers, and of different follower types, among disciplines is unclear.

The greatest challenge for science communication is reaching the audience (Bubela et al. 2009). Today's audiences are increasingly turning to unconventional media sources of information about specific scientific issues and away from online versions of traditional news outlets (National Science Board 2016). Twitter, therefore, offers a timely means for academics to reach a wide popular audience. Here, we show that reaching a broad audience on Twitter is a non-linear process that requires a sustained online engagement and may only occur past a certain threshold number of followers. Our results provide scientists with clear evidence that social media can be used as a first step to disseminate scientific messages well beyond the ivory tower.

## **APPENDIX**

### **FIGURE 1 CONCEPTUAL DEPICTION OF INREACH AND OUTREACH FOR TWITTER COMMUNICATION BY ACADEMIC FACULTY**



Left: If Twitter functions as an inreach tool, tweeting scientists might primarily reach only other scientists and perhaps, over time (arrow), some applied conservation and management science organizations. Right: If Twitter functions as an outreach tool, tweeting scientists might first reach other scientists, but over time (arrow) they will eventually attract members of the media, members of the public who are not scientists, and decision-makers (not necessarily in that order) as followers.

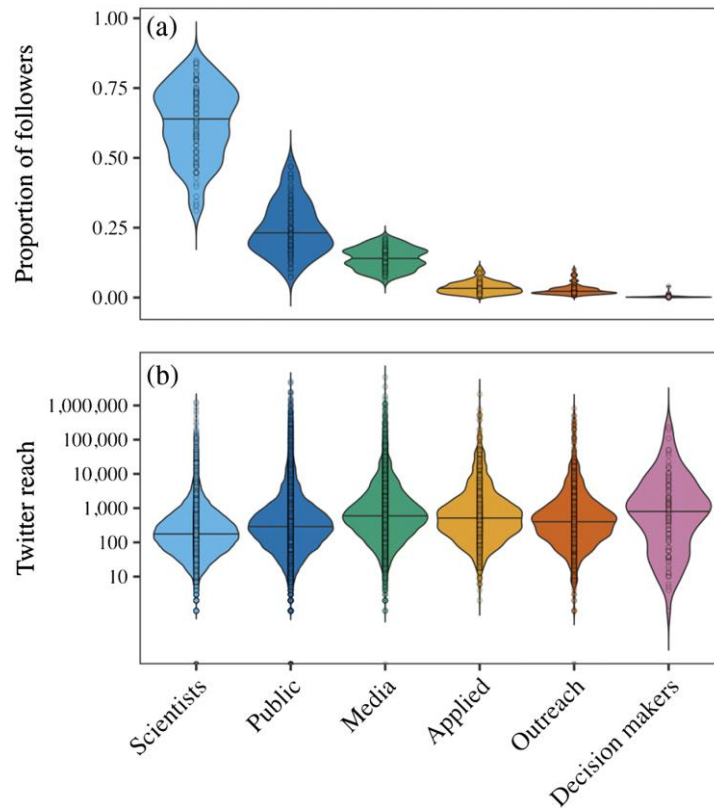
**TABLE 1**  
**CLASSIFICATION OF TWITTER FOLLOWERS OF ACADEMIC FACULTY**

Category	Description	Sample representative keywords
Science faculty	University professors, lecturers, teaching faculty	Lecturer, professor, chair
Science students	Undergraduates, graduate students, and postdocs	Graduate student, postdoctoral fellow, BS/MA/MSc/PhD/ DPhil candidate
Science organizations	Universities, conferences, academic journals, professional organizations, and online science associations. Includes formal and informal groups of scientists such as synthesis or interdisciplinary centres	Scientific associations, conferences, journal, chapters, societies, synthesis centres, university institutes
Other scientists or science-associated groups	People or groups associated with some kind of science, but unspecified positions or types, and could not be classified into a more specific category.	*ologist or *ology, researchers, scientists (leftover after other faculty, student categories)

Outreach	Museums, zoos, aquariums, science teachers, and educators	Museum, “zoo”, aquarium, “botanical garden*” (or museum, zoo, aquarium in username), teachers, educators
Applied	Conservation organizations and scientists, management agencies and scientists, restoration or recovery groups, foundations, philanthropy	Trust, organization, group, NGO, non-profit, society, fund, foundation, program officers
Media	Journalists, media and communications professionals and organizations	Writer, journalist, video*, blog*, publisher, correspondent*, com* or comm*, scicomm*, author, producer, news*, audio, radio, podcast, documentar*, film*, photograph*, director
Decision-makers	Government agencies, parliamentarians	MP, congress*, senator, mayor
General public	General public (or no information provided to be included in any of the above accounts)	Not included in any of the above categories, foreign language accounts removed and accounts with no information removed as “unknown” classification

Note: Regular expression searches used in the analysis of profiles are described in [Table S1](#).

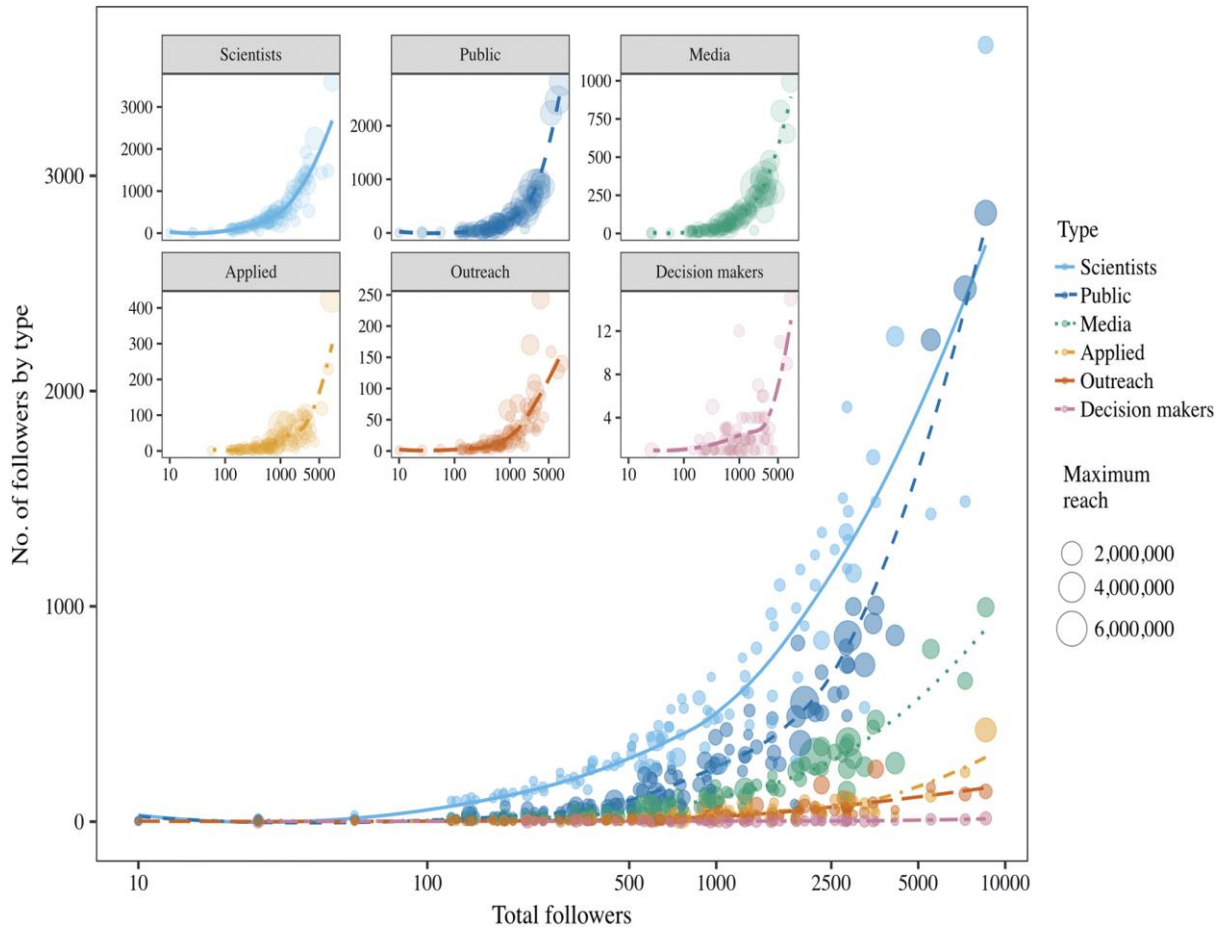
**FIGURE 2**  
**SUMMARY OF FOLLOWERS OF ACADEMIC FACULTY BY TYPE AND THEIR TWITTER REACH**



(a) The different types of followers of tweeting academic scientists, expressed as proportions of total followers ( $n = 110$  faculty scientists) and (b) the average Twitter reach of each type, quantified as the number of follower's followers ( $n = 51\ 625$  followers). Violin plots show the probability density, median, and interquartile range, and dots indicate the raw data.

**FIGURE 3**  
**FOLLOWER ACCUMULATION FOR ACADEMIC FACULTY ON TWITTER**





Relationship between the numbers of different types of followers and the total number of followers of tweeting academic scientists ( $N = 110$  academic faculty). Locally weighted smoothed (LOESS) curves are shown for each follower type by colour and line type. For clarity, relationships for each follower type are also shown as insets, with varying y-axis scales. Note that x-axes are presented on a log scale. The size of the data points reflect the maximum Twitter reach of each type, defined as the maximum number of follower's followers.

**TABLE 2**

**INFLECTION POINTS IN THE NON-LINEAR TRENDS OF ACCUMULATION OF  
DIFFERENT TYPES OF TWITTER FOLLOWERS OF 110 ACADEMIC FACULTY MEMBERS  
IN ECOLOGY AND EVOLUTION**

	<b>No. of Twitter followers at inflection point</b>		
		<b>Confidence</b>	
	<b>Mean</b>	<b>2.5%</b>	<b>97.5%</b>
Scientists	444	374	449
Outreach	872	697	913
Media	872	754	913
Applied	913	700	924
Public	961	913	987
Decision-makers	2197	872	2320

Note: The trends are shown in Fig. 3. The inflection points denote the total number of Twitter followers at which there was a significant change in the slope of the trends and were identified from Bayes information criteria of piecewise linear models.

**REFERENCES**

- Avnit A. 2009. The million followers fallacy. Pravda Media Group Blog [online]: Available from [blog.pravdam.com/the-million-followers-fallacy-guest-post-by-adi-avnit/](http://blog.pravdam.com/the-million-followers-fallacy-guest-post-by-adi-avnit/).
- Baron N. 2010. Escape from the ivory tower: a guide to making your science matter. Island Press, Washington, D.C. 240 p.
- Bart M. 2009. Twitter in higher education: more than 30 percent of faculty say they tweet [online]: Available from [facultyfocus.com/articles/edtech-news-and-trends/twitter-in-higher-education-more-than-30-percent-of-faculty-say-they-tweet/](http://facultyfocus.com/articles/edtech-news-and-trends/twitter-in-higher-education-more-than-30-percent-of-faculty-say-they-tweet/).
- Bik HM, and Goldstein MC. 2013. An introduction to social media for scientists. PLoS Biology, 11: e1001535.
- Bik HM, Dove ADM, Goldstein MC, Helm RR, MacPherson R, Martini K, et al. 2015. Ten simple rules for effective online outreach. PLoS Computational Biology, 11: e1003906.
- Bombaci SP, Farr CM, Gallo HT, Mangan AM, Stinson LT, Kaushik M, et al. 2016. Using Twitter to communicate conservation science from a professional conference. Conservation Biology, 30: 216–225.
- Bonetta L. 2009. Should you be tweeting? Cell, 139: 452–453.

- Bruni L, Francalanci C, and Giacomazzi P. 2012. The role of multimedia content in determining the virality of social media information. *Information*, 3: 278–289.
- Bubela T, Nisbet MC, Borchelt R, Brunger F, Critchley C, Einsiedel E, et al. 2009. Science communication reconsidered. *Nature Biotechnology*, 27: 514–518.
- Burns TW, O'Connor DJ, and Stocklmayer SM. 2003. Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12: 183–202.
- Cha M, Haddadi H, Benevenuto F, and Gummadi KP. 2010. Measuring user influence in Twitter: the million follower fallacy. In *Proceedings of the Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, Washington, D.C. Vol. 4, pp. 10–17.
- Choo EK, Ranney ML, Chan TM, Trueger NS, Walsh AE, Tegtmeier K, et al. 2015. Twitter as a tool for communication and knowledge exchange in academic medicine: a guide for skeptics and novices. *Medical Teacher*, 37: 411–416.
- Collins K, Shiffman S, and Rock J. 2016. How are scientists using social media in the workplace? *PLoS ONE*, 11: e0162680.
- Darling ES, Shiffman D, Côté IM, and Drew JA. 2013. The role of Twitter in the life cycle of a scientific publication. *Ideas in Ecology and Evolution*, 6: 32–43.
- Desmond A, and Moore J. 1991. *Darwin*. Penguin Books, London, UK. 808 p.
- Eysenbach G. 2011. Can tweets predict citations? Metrics of social impact based on Twitter and correlation with traditional metrics of scientific impact. *Journal of Medical Internet Research*, 13: e123.
- Granovetter MS. 1973. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78: 1360–1380.
- Grant WJ, Moon B, and Grant JB. 2010. Digital dialogue? Australian politicians' use of the social network tool Twitter. *Australian Journal of Political Science*, 45: 579–604.
- Haustein S, Peters I, Sugimoto CR, Thelwall M, and Larivière V. 2014. Tweeting biomedicine: an analysis of tweets and citations in the biomedical literature. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65: 656–669.
- Himmelboim I, McCreery S, and Smith M. 2013. Birds of a feather tweet together: integrating network and content analyses to examine cross-ideology exposure on Twitter. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 18: 154–174.
- Holmberg K, and Thelwall M. 2014. Disciplinary differences in Twitter scholarly communication. *Scientometrics*, 101: 1027–1042.
- Huberman BA, Romero DM, and Wu F. 2008. Social networks that matter: Twitter under the microscope. [arXiv:0812.1045v1](https://arxiv.org/abs/0812.1045v1).
- Jackson MD, and Spencer S. 2017. Engaging for a good cause: Sophia's story and why #BugsR4Girls. *Annals of the Entomological Society of America*, 110: 439–448.
- Jiang T, Hou Y, and Wang Q. 2016. Does micro-blogging make us "shallow"? Sharing information online interferes with information comprehension. *Computers in Human Behavior*, 59: 210–214.
- Kapp JM, Hensel B, and Schnoring KT. 2015. Is Twitter a forum for disseminating research to health policy makers? *Annals of Epidemiology*, 25: 883–887.
- Ke Q, Ahn Y-Y, and Sugimoto CR. 2017. A systematic identification and analysis of scientists on Twitter. *PLoS ONE*, 12: e0175368.
- Kulshrestha J, Kooti F, Nikravesh A, and Gummadi KP. 2012. Geographic dissection of the Twitter network. In *Proceedings of the Sixth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, Dublin, Ireland. Vol. 6, pp. 202–209.
- Kwak H, Lee C, Park H, and Moon S. 2010. What is Twitter, a social network or a news media? In *Proceedings of the 19th International Conference on the World Wide Web*, Raleigh, North Carolina. Vol. 19, pp. 591–600.
- Li D, and Koedel C. 2017. Representation and salary gaps by race-ethnicity and gender at selective public universities. *Educational Researcher*, 46: 343–354.
- Lubchenco J. 2017. Environmental science in a post-truth world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15: 3.

- McClain C, and Neeley L. 2015. A critical evaluation of science outreach via social media: its role and impact on scientists [version 2; referees: 2 approved, 1 approved with reservations]. *F1000Research*, 3: 300.
- McPherson M, Smith-Lovin L, and Cook JM. 2001. Birds of a feather: homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27: 415–444.
- Metaxas PT, Mustafaraj E, Wong K, Zeng L, O’Keefe M, and Finn S. 2015. What do retweets indicate? Results from user survey and meta-review of research. In *Proceedings of the Ninth International AAAI Conference on Web and Social Media*, Oxford, England, UK. Vol. 9, pp. 658–661.
- Nagarajan M, Purohit H, and Sheth AP. 2010. A qualitative examination of topical tweet and retweet practices. In *Proceedings of the Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, Washington, D.C. Vol. 4, pp. 295–298.
- National Science Board. 2016. *Science and Engineering Indicators 2016 (NSB-2016-1)*. National Science Foundation, Arlington, Virginia.
- Nisbet MC, and Mooney C. 2007. Framing science. *Science*, 316: 56–56.
- Noorden RV. 2014. Online collaboration: scientists and the social network. *Nature*, 512: 126–129.
- Pang N, and Law PW. 2017. Retweeting #WorldEnvironmentDay: a study of content features and visual rhetoric in an environmental movement. *Computers in Human Behavior*, 69: 54–61.
- Pariser E. 2011. *The filter bubble: what the internet is hiding from you*. Penguin Press, London, UK.
- Parsons ECM, Shiffman DS, Darling ES, Spillman N, and Wright AJ. 2014. How Twitter literacy can benefit conservation scientists. *Conservation Biology*, 28: 299–301.
- Peoples BK, Midway SR, Sackett D, Lynch A, and Cooney PB. 2016. Twitter predicts citation rates of ecological research. *PLoS ONE*, 11: e0166570.
- Phillis CC, O’Regan SM, Green SJ, Bruce JEB, Anderson SC, Linton JN, et al. 2013. Multiple pathways to conservation success. *Conservation Letters*, 6: 98–106.
- Pickett STA. 1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In *Long-term studies in ecology: approaches and alternatives*. Edited by GE Likens. Springer, New York, New York. pp. 110–135.
- Priem J, and Costello KL. 2010. How and why scholars cite on Twitter. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 47: 1–4.
- R Core Team. 2017. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [online]: Available from [R-project.org/](http://R-project.org/).
- Sears DO, and Freedman JL. 1967. Selective exposure to information: a critical review. *Public Opinion Quarterly*, 31: 194–213.
- Shi J, Keung Lai K, Hua P, and Chen G. 2017. Understanding and predicting individual retweeting behavior: receiver perspectives. *Applied Soft Computing*, 60: 844–857.
- Shiffman DS. 2012. Twitter as a tool for conservation education and outreach: what scientific conferences can do to promote live-tweeting. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2: 257–262.
- Smith B, Baron N, English C, Galindo H, Goldman E, McLeod K, et al. 2013. COMPASS: navigating the rules of scientific engagement. *PLoS Biology*, 11: e1001552.
- Suh B, Hong L, Pirolli P, and Chi EH. 2010. Want to be retweeted? Large scale analytics on factors impacting retweet in Twitter network. In *IEEE Second International Conference on Social Computing*, Minneapolis, Minnesota. Vol. 2, pp. 177–184.
- Sunstein CR. 2001. *Republic.com*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Thelwall M, Haustein S, Larivière V, and Sugimoto CR. 2013. Do altmetrics work? Twitter and ten other social web services. *PLoS ONE*, 8: e64841.
- Ugander J, Backstrom L, Marlow C, and Kleinberg J. 2012. Structural diversity in social contagion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 109: 5962–5966.
- Weigold MF. 2001. Communicating science: a review of the literature. *Science Communication*, 23: 164–193.
- Wickham H. 2017. *stringr: simple, consistent wrappers for common string operations*. R package version 1.2.0 [online]: Available from [CRAN.R-project.org/package=stringr](http://CRAN.R-project.org/package=stringr).

- Wilcox C. 2012. It's time to e-volve: taking responsibility for science communication in a digital age. *Biological Bulletin*, 222: 85–87.
- Zeileis A, Leisch F, Hornik K, and Kleiber C. 2002. strucchange: an R package for testing for structural change in linear regression models. *Journal of Statistical Software*, 7: 1–38.
- Zhao J, Wu J, and Xu K. 2010. Weak ties: subtle role of information diffusion in online social networks. *Physical Review E*, 82: 016105.

## **TRANSLATED VERSION: SPANISH**

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

## **VERSION TRADUCIDA: ESPAÑOL**

A continuación se muestra una traducción aproximada de las ideas presentadas anteriormente. Esto se hizo para dar una comprensión general de las ideas presentadas en el documento. Por favor, disculpe cualquier error gramatical y no responsabilite a los autores originales de estos errores.

## **INTRODUCCIÓN**

La comunicación siempre ha sido una parte integral del esfuerzo científico. En la época victoriana, por ejemplo, científicos prominentes como Thomas H. Huxley y Louis Agassiz dieron conferencias públicas que fueron impresas, a menudo textualmente, en periódicos y revistas (Weigold 2001), y Charles Darwin escribió su libro seminal "Sobre el origen de las especies" para una audiencia popular y no especializada (Desmond y Moore 1991). En los tiempos modernos, el ritmo de la comunicación científica se ha vuelto inmensamente más rápido, la información se transmite en unidades más pequeñas y los modos de entrega son mucho más numerosos. Estas tres tendencias han culminado en el uso de las redes sociales por parte de los científicos para compartir sus investigaciones de maneras accesibles y relevantes para audiencias potenciales más allá de sus pares. El énfasis en la accesibilidad y la relevancia se alinea con los llamamientos para que los científicos abandonen la jerga y enmarque y compartan su ciencia, especialmente en un mundo "post-verdad" que pueda enfatizar la emoción sobre la información fáctica (Nisbet y Mooney 2007; 2009; Wilcox 2012; Lubchenco 2017).

La plataforma de microblogging Twitter está emergiendo como un medio de elección para los científicos (Collins et al. 2016), aunque todavía es utilizado por una minoría (<40%) de la facultad académica (Bart 2009; Noorden 2014). Twitter permite a los usuarios publicar mensajes cortos (originalmente hasta 140 caracteres, aumentados a 280 caracteres desde noviembre de 2017) que pueden ser leídos por cualquier otro usuario. Los usuarios pueden optar por seguir a otros usuarios cuyas publicaciones les interesen, en cuyo caso ven automáticamente los tweets de sus seguidores; por el contrario, los usuarios pueden ser seguidos por otros usuarios, en cuyo caso sus tweets pueden ser vistos por sus seguidores. No se necesita ningún permiso para seguir a un usuario, y la reciprocidad de lo siguiente no es obligatoria. Los tweets se pueden clasificar (con hashtags), repetirse (retwittear) y compartirse a través de otras plataformas de redes sociales, lo que puede amplificar exponencialmente su difusión y puede ofrecer enlaces a sitios web, blogs o artículos científicos (Shiffman 2012).

El uso de tecnologías de comunicación digital como Twitter tiene ventajas científicas. Los usuarios científicos lo describen como un medio para mantenerse al día de la nueva literatura científica, oportunidades de concesión y política científica, para promover sus propios artículos publicados e intercambiar ideas, y para participar en conferencias a las que no pueden asistir en persona como "delegados virtuales" (Bonetta 2009; Bik y Goldstein 2013; 2014; Bombaci et al. 2016). Twitter puede desempeñar un papel en la mayor parte del ciclo de vida de una publicación científica, desde establecer conexiones con posibles colaboradores, hasta recopilar datos o encontrar fuentes de datos, hasta la difusión del producto

terminado (Darling et al. 2013; 2015). También hay algunos beneficios cuantificables para los científicos que utilizan las redes sociales. Por ejemplo, los documentos que se tuitean más a menudo también acumulan más citas (Eysenbach 2011; Thelwall et al. 2013; 2016), y el volumen de tweets en la primera semana siguiente a la publicación se correlaciona con la probabilidad de que un documento se vuelva muy citado (Eysenbach 2011), aunque tales relaciones no siempre están presentes (por ejemplo, Hausteijn et al. 2014).

Además de los beneficios académicos, los científicos podrían adoptar las redes sociales, y Twitter en particular, debido al potencial de aumentar el alcance de los mensajes científicos y la participación directa con audiencias no científicas (Choo et al. 2015). Este potencial proviene del hecho de que Twitter aprovecha el poder de los lazos débiles, definidos como interacciones sociales de baja inversión que no se basan en relaciones personales (Granovetter 1973). En Twitter, las relaciones entre los seguidores y los seguidores son débiles: los usuarios generalmente no conocen personalmente a las personas que siguen o a las personas que las siguen, ya que sus interacciones se basan principalmente en el contenido del mensaje. Sin embargo, al retuitear y compartir mensajes, los lazos débiles pueden actuar como puentes a través de grupos sociales, geográficos o culturales y contribuir a una amplia y rápida difusión de la información (Zhao et al. 2010; Ugander et al. 2012). Se desconoce hasta qué punto los mensajes de los científicos tuiteantes se benefician del poder de los lazos débiles. ¿Proporciona Twitter una plataforma que permite a los científicos simplemente promover sus hallazgos a otros científicos dentro de la torre de marfil (es decir, "inreach"), o está tuiteando científicos realmente explotando las redes sociales para llegar potencialmente a nuevas audiencias ("alcance") (Bik et al. 2015; McClain y Neeley 2015; 1)?

Aquí, preguntamos si los científicos, de hecho, están involucrando a audiencias más amplias a través de las redes sociales examinando quién sigue a los científicos tuiteando y cómo cambia la composición de la audiencia a medida que los seguidores se acumulan con el tiempo. Definimos audiencias más amplias como miembros del público que no son científicos, que pueden incluir miembros de los medios de comunicación, tomadores de decisiones y personas de otros sectores y grupos de interés no científicos (Burns et al. 2003). Si los tweets son principalmente una forma de inreach, esperamos que la mayoría de los seguidores de los científicos tuiteantes consistan en otros científicos, con tal vez algún efecto a través de las disciplinas científicas (Ke et al. 2017), pero con menos seguidores no científicos (Fig. 1). Tal alcance limitado por parte de los científicos podría surgir a través de un efecto de "cámara de eco", donde los individuos buscan y consumen preferentemente información de individuos de ideas afines (es decir, homofílico; Sears y Freedman 1967; 2001; Sunstein 2001), o a través de un efecto de "filtro de burbujas", donde los algoritmos que generan recomendaciones sobre a quién seguir se basan en los seguidores existentes de un usuario (Pariser 2011). Por el contrario, si tuitear funciona como una herramienta de divulgación, hipotetizamos que los científicos tuiteando podrían inicialmente ganar principalmente a otros científicos en su propia disciplina como seguidores, pero que con el tiempo el rango de tipos de seguidores podría aumentar, desde científicos en otras disciplinas hasta miembros no científicos del público, los medios de comunicación y, en última instancia, los responsables de la toma de decisiones (por ejemplo, los políticos; 1). Aunque llegar a los responsables de la toma de decisiones podría no ser un objetivo codiciado para todos los científicos tuiteantes, sí representa un conducto potencialmente poderoso para la aplicación práctica y la comunicación de los descubrimientos científicos.

## CONCLUSIÓN

Los científicos académicos en Twitter comienzan predicando al coro, pero eventualmente pueden cantar desde los tejados. Twitter es en parte una cámara de eco para los científicos académicos donde, en promedio, los científicos académicos que tuitean tienen más seguidores que son científicos que no científicos. Este patrón está especialmente marcado para los científicos académicos que tienen menos de 1000 seguidores: estos académicos son seguidos principalmente por otros científicos. Sin embargo, más allá de este umbral, los tweets de los científicos académicos pueden llegar a un público más variado, compuesto principalmente por no científicos. Twitter entonces tiene el potencial de funcionar como una herramienta de divulgación.

Hasta ahora, no está claro hasta qué punto Twitter permite a los científicos académicos llegar a un público amplio. De hecho, la audiencia prevista de muchos científicos tuiteantes a menudo se limita a otros investigadores (Priem y Costello 2010; 2016), y los silos disciplinarios existen en las redes sociales, con poca mezcla entre las redes específicas de sujetos de científicos (Ke et al. 2017). Sin embargo, las audiencias de los académicos pueden ser mucho más variadas. (2013), por ejemplo, encontró que los seguidores de los cuatro coautores de ese artículo incluían científicos, estudiantes y periodistas académicos, gubernamentales y de organizaciones no gubernamentales (ONG). Una encuesta de tuit en vivo de un congreso internacional de conservación de manera similar encontró que los tweets de esa conferencia llegaron a una audiencia no participante que era mucho más diversa que los participantes de la conferencia (Bombaci et al. 2016). Nuestros resultados respaldan estos hallazgos y muestran que la heterogeneidad de la audiencia aumenta con el tiempo, a medida que aumenta el número de seguidores. Tener más seguidores no sólo significa un público más diverso, sino un alcance enormemente expandido. Los científicos académicos generalmente tienen alcances limitados, es decir, son seguidos por personas (generalmente otras académicas) que tienen pocos seguidores. La ampliación de la diversidad asociada con un seguimiento más grande también trae tipos de seguidores que son más populares, aumentando drásticamente el alcance general de los mensajes científicos.

Por supuesto, los números altos, la diversidad y el alcance de los seguidores no ofrecen ninguna garantía de que los mensajes sean leídos o comprendidos. Hay evidencia de que las personas leen selectivamente lo que encaja con su percepción del mundo (por ejemplo, Sears y Freedman 1967; 2001; Sunstein 2001; 2013). Por lo tanto, los no científicos que siguen a los científicos en Twitter ya podrían estar inclinados positivamente a consumir información científica. Si esto es cierto, entonces se podría argumentar que Twitter por lo tanto sigue siendo una cámara de eco, pero es mucho más grande que el número habitual de lectores de publicaciones científicas. Además, es difícil medir el nivel de comprensión de los tweets científicos. La brevedad y la naturaleza fragmentada de los tweets científicos pueden conducir a un procesamiento superficial y a la comprensión del mensaje (Jiang et al. 2016). Una métrica de la influencia de los tweets es la medida en que se comparten (es decir, retweeted). Los usuarios de Twitter retuitean las publicaciones cuando las encuentran interesantes (de ahí que las publicaciones fueran al menos leídas, si no entendidas) y cuando consideran creíble la fuente (Metaxas et al. 2015). Hasta nuestro conocimiento, no hay datos sobre la frecuencia con la que los tweets de los científicos son repostados por diferentes tipos de seguidores. Dicha información proporcionaría más evidencia para una función de divulgación de Twitter en la comunicación científica.

Bajo la mayoría de las teorías de cambio que describen cómo la ciencia afecta en última instancia a las políticas basadas en la evidencia, los responsables de la toma de decisiones son un grupo crucial que debería ser contratado por los científicos (Smith et al. 2013). Los cambios en las políticas pueden efectuarse mediante la aplicación directa de la investigación a la política o, más a menudo, mediante la presión de la conciencia pública, que puede conducir o ser impulsada por la investigación (Baron 2010; 2013). Cualquiera de las dos vías requiere la participación activa de los científicos con la sociedad (Lubchenco 2017). Podría decirse que es más fácil que nunca que los científicos tengan acceso a los responsables de la toma de decisiones y de las políticas, ya que los funcionarios de todos los niveles de gobierno utilizan cada vez más las redes sociales para conectarse con el público (por ejemplo, Grant et al. 2010; 2015). Sin embargo, encontramos que los responsables de la toma de decisiones representaban sólo ~0,3% (n.o 191 de 64 666) de los seguidores de los científicos académicos (véase también Bombaci et al. 2016 en relación con las audiencias de tuiteo de conferencia). Además, los responsables de la toma de decisiones comienzan a seguir a los científicos en mayor número sólo una vez que estos últimos han alcanzado un cierto nivel de "popularidad" (es decir, ~2200 seguidores; Cuadro 2). La preocupación general acerca de si los tweets científicos son realmente leídos por los seguidores se aplica aún más fuertemente a los responsables de la toma de decisiones, ya que se sabe que utilizan Twitter en gran medida como una herramienta de radiodifusión en lugar de para el diálogo (Grant et al. 2010). Por lo tanto, las redes sociales no son probablemente un reemplazo eficaz para una divulgación más directa de la ciencia a la política en la que muchos científicos están participando ahora, como testificar frente a comités gubernamentales especiales, contactar directamente a los responsables de la toma de decisiones, etc. Sin embargo, al involucrar

activamente a un gran número de seguidores en Twitter de los no científicos, los científicos aumentan las probabilidades de ser seguidos por un responsable de la toma de decisiones que podría ver sus mensajes, así como las probabilidades de ser identificado como un experto potencial para nuevas contribuciones.

Entonces, ¿cómo puede un científico construir y participar con sus seguidores de Twitter? En general, las personas que tuitean más tienen más seguidores (por ejemplo, Huberman et al. 2008; 2010). Ya sea causal o simplemente correlacional, la fuerza de esta asociación es, sin embargo, variable y generalmente baja (por ejemplo, en este estudio,  $r = 0,48$ ). Además, el tamaño de lo siguiente no refleja cuánto interactúan los seguidores con los tweets de un usuario, por ejemplo, retuiteando (Avnit 2009; 2010). Para la participación de la audiencia, el contenido es importante (Bik et al. 2015). Los tweets que contienen hipervínculos y hashtags son más propensos a ser retweeted (por ejemplo, Nagarajan et al. 2010; 2010; Pang y Law 2017), al igual que los tweets que contienen imágenes (por ejemplo, Bruni et al. 2012). Aún más importante para la probabilidad de ser retwitteado es la relevancia tópica del tweet para el seguidor (Shi et al. 2017), que habla de la necesidad de que los científicos hagan que su mensaje sea importante para sus audiencias previstas (Baron 2010). Una última lección importante es que los usuarios ordinarios que se vuelven influyentes (es decir, que se mencionan y (o) se retuitean con frecuencia) tienden a limitar sus tweets a temas estrechos (Cha et al. 2010). Por lo tanto, aunque la influencia de Twitter se puede ganar accidentalmente debido al tiempo, las circunstancias o las emociones (por ejemplo, Jackson y Spencer 2017), es más a menudo el resultado de un esfuerzo concertado y persistente.

Suponemos que los patrones que hemos descubierto para una muestra de ecologistas y biólogos evolutivos en puestos de profesores pueden aplicarse ampliamente en otras disciplinas académicas. Reconocemos que la lista inicial de la que elegimos a los usuarios al azar era probable que fuera sesgada de varias maneras. Alrededor del 70% de los usuarios de la lista original, y ~el 75% en nuestra muestra de 110 usuarios (Tabla S5), eran de los EE.UU. O el Reino Unido, aunque esto coincide con la distribución global de los usuarios de Twitter (Kulshrestha et al. 2012). Nuestra muestra también incluyó predominantemente a los usuarios masculinos (69%), pero de nuevo, este sesgo de género refleja con precisión la subrepresentación de las mujeres en puestos académicos, particularmente en toda la ciencia y la tecnología (por ejemplo, <30% en las universidades públicas estadounidenses, Li y Koedel 2017). Nuestra selección de académicos en Twitter también presenta algunos prejuicios a través de los cuales los académicos eligen estar en Twitter, que tuitean activamente sobre la ciencia, y que fueron seleccionados para unirse a la lista de Twitter que usamos en nuestro análisis. Hay algunas diferencias disciplinarias documentadas en el uso de Twitter. Por ejemplo, en una comparación de 10 campos académicos que abarcan las ciencias y las humanidades, los investigadores en humanidades digitales tuitearon más, los economistas compartieron la mayoría de los vínculos, y los bioquímicos retuitearon a más que los usuarios académicos en otros campos (Holmberg y Thelwall 2014). Sin embargo, no está claro si estas diferencias se traducen en diferencias en las tasas de acumulación de seguidores y de diferentes tipos de seguidores, entre disciplinas.

El mayor desafío para la comunicación científica es llegar a la audiencia (Bubela et al. 2009). Las audiencias de hoy están recurriendo cada vez más a fuentes de información de medios no convencionales sobre cuestiones científicas específicas y lejos de las versiones en línea de los medios de comunicación tradicionales (National Science Board 2016). Twitter, por lo tanto, ofrece un medio oportuno para que los académicos lleguen a un público popular. Aquí, mostramos que llegar a una audiencia amplia en Twitter es un proceso no lineal que requiere una interacción en línea sostenida, y solo puede ocurrir más allá de un cierto número de seguidores. Nuestros resultados proporcionan a los científicos pruebas claras de que las redes sociales se pueden utilizar como un primer paso para difundir mensajes científicos mucho más allá de la torre de marfil.

## **TRANSLATED VERSION: FRENCH**

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.



## VERSION TRADUITE: FRANÇAIS

Voici une traduction approximative des idées présentées ci-dessus. Cela a été fait pour donner une compréhension générale des idées présentées dans le document. Veuillez excuser toutes les erreurs grammaticales et ne pas tenir les auteurs originaux responsables de ces erreurs.

## INTRODUCTION

La communication a toujours fait partie intégrante de l'effort scientifique. À l'époque victorienne, par exemple, des scientifiques éminents comme Thomas H. Huxley et Louis Agassiz ont donné des conférences publiques qui ont été imprimées, souvent mot pour mot, dans des journaux et des magazines (Weigold, 2001), et Charles Darwin a écrit son livre fondateur « Sur l'origine des espèces » pour un public populaire et non spécialisé (Desmond et Moore, 1991). Dans les temps modernes, le rythme de la communication scientifique est devenu immensément plus rapide, l'information est transmise dans de plus petites unités, et les modes de livraison sont beaucoup plus nombreux. Ces trois tendances ont abouti à l'utilisation des médias sociaux par les scientifiques pour partager leurs recherches de façon accessible et pertinente à des auditoires potentiels au-delà de leurs pairs. L'accent mis sur l'accessibilité et la pertinence s'aligne sur les appels lancés aux scientifiques pour qu'ils abandonnent le jargon et qu'ils encadrent et partagent leur science, en particulier dans un monde « post-vérité » qui peut mettre l'accent sur l'émotion sur l'information factuelle (Nisbet et Mooney, 2007; Bubela et coll. 2009; Wilcox 2012; Lubchenco 2017).

La plate-forme de microblogging Twitter est en train d'émerger comme un moyen de choix pour les scientifiques (Collins et al., 2016), bien qu'elle soit encore utilisée par une minorité (<40%) de la faculté universitaire (Bart 2009; Noorden 2014). Twitter permet aux utilisateurs de publier des messages courts (à l'origine jusqu'à 140 caractères, portés à 280 caractères depuis novembre 2017) qui peuvent être lus par n'importe quel autre utilisateur. Les utilisateurs peuvent choisir de suivre d'autres utilisateurs dont les publications les intéressent, auquel cas ils voient automatiquement les tweets de leurs suiveurs; inversement, les utilisateurs peuvent être suivis par d'autres utilisateurs, auquel cas leurs tweets peuvent être vus par leurs abonnés. Aucune autorisation n'est nécessaire pour suivre un utilisateur, et la réciprocité des suites n'est pas obligatoire. Les tweets peuvent être classés (avec des hashtags), répétés (retweetés) et partagés via d'autres plateformes de médias sociaux, ce qui peut amplifier de façon exponentielle leur diffusion et peut offrir des liens vers des sites Web, des blogs ou des articles scientifiques (Shiffman 2012).

Il existe des avantages scientifiques à utiliser les technologies de communication numérique telles que Twitter. Les utilisateurs scientifiques le décrivent comme un moyen de se tenir au courant de la nouvelle littérature scientifique, des possibilités de subventions et de la politique scientifique, de promouvoir leurs propres articles publiés et d'échanger des idées, et de participer à des conférences auxquelles ils ne peuvent assister en personne en tant que « délégués virtuels » (Bonetta 2009; Bik et Goldstein 2013; Parsons et coll. 2014; Bombaci et coll. 2016). Twitter peut jouer un rôle dans la plupart des parties du cycle de vie d'une publication scientifique, de l'établir des liens avec des collaborateurs potentiels à la collecte de données ou à la recherche de sources de données, en passant par la diffusion du produit fini (Darling et al., 2013; Choo et coll. 2015). Il y a aussi des avantages quantifiables pour les scientifiques qui utilisent les médias sociaux. Par exemple, les articles qui sont tweetés sur plus souvent aussi accumuler plus de citations (Eysenbach 2011; Thelwall et coll. 2013; Peoples et coll. 2016), et le volume de tweets dans la première semaine suivant la publication est en corrélation avec la probabilité qu'un article devienne très cité (Eysenbach 2011), bien que ces relations ne soient pas toujours présentes (p. Ex., Haustein et al., 2014).

En plus de tout avantage académique, les scientifiques pourraient adopter les médias sociaux, et Twitter en particulier, en raison de la possibilité d'accroître la portée des messages scientifiques et l'engagement direct avec les publics non scientifiques (Choo et al. 2015). Ce potentiel vient du fait que Twitter tire parti du pouvoir des liens faibles, définis comme des interactions sociales à faible investissement qui ne sont pas basées sur des relations personnelles (Granovetter, 1973). Sur Twitter, les relations suiveurs-suiveurs sont faibles : les utilisateurs ne connaissent généralement pas personnellement les personnes qu'ils suivent ou

les personnes qui les suivent, car leurs interactions sont basées principalement sur le contenu du message. Néanmoins, en retweetant et en partageant des messages, les liens faibles peuvent servir de ponts entre les groupes sociaux, géographiques ou culturels et contribuer à une diffusion large et rapide de l'information (Zhao et al., 2010; Ugander et coll. 2012). On ne sait pas dans quelle mesure les messages des scientifiques qui tweetent bénéficient de la puissance des liens faibles sont inconnus. Twitter fournit-il une plate-forme qui permet aux scientifiques de simplement promouvoir leurs découvertes auprès d'autres scientifiques de la tour d'ivoire (c.-à-d. « inreach »), ou tweete-t-il des scientifiques qui exploitent véritablement les médias sociaux pour atteindre potentiellement de nouveaux publics (« outreach ») (Bik et al., 2015; mcclain et Neeley 2015; Fig. 1)?

Ici, nous demandons si les scientifiques sont, en fait, engager un public plus large à travers les médias sociaux en examinant qui suit tweeting scientifiques et comment la composition du public change que les adeptes s'accroissent au fil du temps. Nous définissons des auditoires plus larges comme des membres du public qui ne sont pas des scientifiques, ce qui peut inclure des membres des médias, des décideurs et des personnes d'autres secteurs non scientifiques et groupes d'intérêt (Burns et coll. 2003). Si le tweeting est principalement une forme d'inreach, nous nous attendons à ce que la majorité des adeptes des scientifiques tweeting se composent d'autres scientifiques, avec peut-être un certain débordement à travers les disciplines scientifiques (Ke et al. 2017), mais avec moins d'adeptes non scientifiques (Fig. 1). Une telle portée limitée par les scientifiques pourrait résulter d'un effet de « chambre d'écho », où les individus cherchent et consomment de préférence l'information d'individus aux vues similaires (c.-à-d. L'homophilie; Sears et Freedman, 1967; mcpherson et coll. 2001; Sunstein 2001), ou par un effet « filtre à bulles », où les algorithmes qui génèrent des recommandations sur les personnes à suivre sont basés sur les suiveurs existants d'un utilisateur (Pariser 2011). En revanche, si tweeting fonctionne comme un outil de sensibilisation, nous supposons que les scientifiques tweeting pourrait d'abord gagner principalement d'autres scientifiques dans leur propre discipline en tant qu'adeptes, mais qu'avec le temps la gamme de types de suiveurs pourrait augmenter, des scientifiques dans d'autres disciplines aux membres non scientifiques du public, les médias, et finalement les décideurs (par exemple, les politiciens; Fig. 1). Bien que la prise de décisions ne soit pas un objectif recherché pour tous les scientifiques qui tweetent, elle représente un canal potentiellement puissant pour l'application pratique et la communication des découvertes scientifiques.

## CONCLUSION

Les scientifiques universitaires sur Twitter commencent par prêcher à la chorale, mais peuvent éventuellement chanter depuis les toits. Twitter est en partie une chambre d'écho pour les scientifiques universitaires où, en moyenne, tweeting scientifiques universitaires ont plus d'adeptes qui sont des scientifiques que qui sont non-scientifiques. Ce schéma est particulièrement marqué pour les scientifiques universitaires qui ont moins de 1000 adeptes: ces universitaires sont principalement suivis par d'autres scientifiques. Cependant, au-delà de ce seuil, les tweets des scientifiques universitaires peuvent atteindre un public plus varié, composé principalement de non-scientifiques. Twitter a alors le potentiel de fonctionner comme un outil de sensibilisation.

La mesure dans laquelle Twitter permet aux scientifiques universitaires d'atteindre un large public n'a pas été, jusqu'à présent, incertaine. En effet, le public prévu de nombreux scientifiques tweeting est souvent limité à d'autres chercheurs (Priem et Costello 2010; Collins et coll. 2016), et des silos disciplinaires existent dans les médias sociaux, avec peu de mélange entre les réseaux spécifiques de sujets de scientifiques (Ke et al., 2017). Cependant, le public des universitaires peut être beaucoup plus varié. Darling et coll. (2013), par exemple, ont constaté que les adeptes des quatre co-auteurs de ce document comprenaient des scientifiques, des étudiants et des journalistes d'organisations universitaires, gouvernementales et non gouvernementales (ONG). Une enquête sur les tweets en direct d'un congrès international sur la conservation a également révélé que les tweets de cette conférence ont atteint un public non présent qui était beaucoup plus diversifié que les participants à la conférence (Bombaci et coll., 2016). Nos résultats appuient ces résultats et montrent que l'hétérogénéité de l'auditoire augmente avec le temps,

à mesure que le nombre d'adeptes augmente. Avoir plus d'adeptes ne signifie pas seulement un public plus diversifié, mais une portée largement élargie. Les scientifiques universitaires ont généralement des portées limitées, c'est-à-dire qu'ils sont suivis par des gens (généralement d'autres universitaires) qui ont peu d'adeptes. L'élargissement de la diversité associée à un plus grand suivi apporte également des types de suiveur qui sont plus populaires, augmentant considérablement la portée globale des messages scientifiques.

Bien sûr, le nombre élevé, la diversité et la portée des adeptes n'offrent aucune garantie que les messages seront lus ou compris. Il est prouvé que les gens lisent de façon sélective ce qui correspond à leur perception du monde (p. Ex., Sears et Freedman, 1967; McPherson et coll. 2001; Sunstein 2001; Himelboim et coll. 2013). Ainsi, les non-scientifiques qui suivent les scientifiques sur Twitter pourraient déjà être positivement enclins à consommer des informations scientifiques. Si cela est vrai, alors on pourrait soutenir que Twitter reste donc une chambre d'écho, mais il est beaucoup plus grand que le lectorat habituel des publications scientifiques. En outre, il est difficile d'évaluer le niveau de compréhension des tweets scientifiques. La brièveté et la nature fragmentée des tweets scientifiques peuvent conduire à un traitement et une compréhension superficiels du message (Jiang et coll. 2016). L'une des mesures de l'influence des tweets est la mesure dans laquelle ils sont partagés (c.-à-d. Retweetés). Les utilisateurs de Twitter retweetent des messages lorsqu'ils les trouvent intéressants (d'où les messages ont été au moins lus, s'ils ne sont pas compris) et quand ils jugent la source crédible (Metaxas et al., 2015). À notre connaissance, il n'y a pas de données sur la fréquence à laquelle les tweets des scientifiques sont repostés par différents types d'adeptes. Ces informations fourniraient des preuves supplémentaires pour une fonction de sensibilisation de Twitter dans la communication scientifique.

Selon la plupart des théories du changement qui décrivent comment la science affecte en fin de compte les politiques fondées sur des données probantes, les décideurs sont un groupe crucial qui devrait être engagé par les scientifiques (Smith et coll., 2013). Les changements de politique peuvent être effectués soit par l'application directe de la recherche aux politiques, soit, plus souvent, par la pression de la sensibilisation du public, qui peut conduire ou être pilotée par la recherche (Baron 2010; Phillis et coll. 2013). L'une ou l'autre voie nécessite un engagement actif des scientifiques avec la société (Lubchenco 2017). Il est sans doute plus facile que jamais pour les scientifiques d'avoir accès à des décideurs et à des décideurs, car les fonctionnaires de tous les ordres de gouvernement utilisent de plus en plus les médias sociaux pour communiquer avec le public (p. Ex., Grant et coll., 2010; Kapp et coll. 2015). Cependant, nous avons constaté que les ~décideurs ne représentaient que 0,3 % (n = 191 sur 64 666) des adeptes des scientifiques universitaires (voir aussi Bombaci et al. 2016 par rapport aux auditoires de tweeting de conférence). En outre, les décideurs commencent à suivre les scientifiques en plus grand nombre seulement une fois que ces derniers ont atteint un certain niveau de « popularité » (c.-à-d. ~2200 adeptes; Tableau 2). La préoccupation générale quant à savoir si les tweets scientifiques sont effectivement lus par les adeptes s'applique encore plus fortement aux décideurs, car ils sont connus pour utiliser Twitter en grande partie comme un outil de radiodiffusion plutôt que pour le dialogue (Grant et al., 2010). Ainsi, les médias sociaux ne sont probablement pas un remplacement efficace pour une sensibilisation plus directe de la science à la politique que de nombreux scientifiques s'engagent maintenant dans, comme témoigner devant des comités gouvernementaux spéciaux, contacter directement les décideurs, etc. Cependant, en engageant activement un grand suivi Twitter de non-scientifiques, les scientifiques augmentent les chances d'être suivi par un décideur qui pourrait voir leurs messages, ainsi que les chances d'être identifié comme un expert potentiel pour d'autres contributions.

Alors, comment un scientifique peut construire et s'engager avec leur Twitter suivant? En général, les personnes qui tweetent plus ont plus d'adeptes (p. Ex., Huberman et al., 2008; Kwak et coll. 2010). Qu'elle soit causale ou simplement corrélable, la force de cette association est néanmoins variable et généralement faible (p. Ex., dans cette étude,  $r = 0,48$ ). En outre, la taille de ce qui suit ne reflète pas combien les adeptes s'engagent avec les tweets d'un utilisateur, par exemple en retweetant (Avnit 2009; Cha et coll. 2010). Pour l'engagement du public, le contenu est important (Bik et al., 2015). Les tweets contenant des hyperliens et des hashtags sont plus susceptibles d'être retweetés (p. Ex., Nagarajan et coll., 2010; Suh et coll. 2010; Pang et Law 2017), ainsi que les tweets contenant des images (par exemple, Bruni et al. 2012). Encore plus important pour la probabilité d'être retweeté est la pertinence d'actualité du tweet pour le suiveur (Shi et

al. 2017), qui parle de la nécessité pour les scientifiques de faire leur message compte à leur public prévu (Baron 2010). Une dernière leçon importante est que les utilisateurs ordinaires qui deviennent influents (c.-à-d. Qui sont mentionnés et (ou) retweetés fréquemment) ont tendance à limiter leurs tweets à des sujets étroits (Cha et al., 2010). Ainsi, bien que l'influence de Twitter puisse être acquise accidentellement en raison du timing, des circonstances ou de l'émotion (par exemple, Jackson et Spencer 2017), elle est plus souvent le résultat d'efforts concertés et persistants.

Nous supposons que les modèles que nous avons découverts pour un échantillon d'écologistes et de biologistes évolutionnistes dans des postes de professeurs peuvent s'appliquer largement à d'autres disciplines académiques. Nous reconnaissons que la liste initiale à partir de laquelle nous avons choisi les utilisateurs au hasard était susceptible d'être biaisée de plusieurs façons. Environ 70% des utilisateurs de ~la liste originale, et 75% dans notre échantillon de 110 utilisateurs (tableau S5), étaient originaires des États-Unis ou du Royaume-Uni, bien que cela corresponde à la distribution mondiale des utilisateurs de Twitter (Kulshersha et al. 2012). Notre échantillon comprenait également des utilisateurs majoritairement masculins (69 %), mais encore une fois, ce préjugé sexiste reflète avec précision la sous-représentation des femmes dans les postes universitaires, en particulier dans l'ensemble des sciences et de la technologie (p. Ex., 30 % dans les universités publiques américaines, Li et Koedel 2017). Notre sélection d'universitaires sur Twitter présente également un certain parti pris à travers lequel les universitaires choisissent d'être sur Twitter, qui tweetent activement sur la science, et qui ont été sélectionnés pour rejoindre la liste Twitter que nous avons utilisé dans notre analyse. Il existe des différences disciplinaires documentées dans l'utilisation de Twitter. Par exemple, dans une comparaison de 10 domaines académiques couvrant les sciences et les sciences humaines, les chercheurs en sciences humaines numériques ont tweeté le plus, les économistes ont partagé le plus de liens, et les biochimistes ont retweeté plus que les utilisateurs universitaires dans d'autres domaines (Holmberg et Thelwall 2014). Cependant, on ne sait pas si ces différences se traduisent par des différences dans les taux d'accumulation d'adeptes et de différents types de suiveurs, entre les disciplines.

Le plus grand défi pour la communication scientifique est d'atteindre le public (Bubela et coll., 2009). Les auditoires d'aujourd'hui se tournent de plus en plus vers des sources d'information non conventionnelles sur des questions scientifiques spécifiques et s'éloignent des versions en ligne des médias traditionnels (National Science Board 2016). Twitter, par conséquent, offre un moyen opportun pour les universitaires d'atteindre un large public populaire. Ici, nous montrons que toucher un large public sur Twitter est un processus non linéaire qui nécessite un engagement en ligne soutenu, et ne peut se produire au-delà d'un certain nombre de seuil d'adeptes. Nos résultats fournissent aux scientifiques des preuves claires que les médias sociaux peuvent être utilisés comme une première étape pour diffuser des messages scientifiques bien au-delà de la tour d'ivoire.

## **TRANSLATED VERSION: GERMAN**

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

## **ÜBERSETZTE VERSION: DEUTSCH**

Hier ist eine ungefähre Übersetzung der oben vorgestellten Ideen. Dies wurde getan, um ein allgemeines Verständnis der in dem Dokument vorgestellten Ideen zu vermitteln. Bitte entschuldigen Sie alle grammatikalischen Fehler und machen Sie die ursprünglichen Autoren nicht für diese Fehler verantwortlich.

## **EINLEITUNG**

Kommunikation war schon immer ein integraler Bestandteil des wissenschaftlichen Bestrebens. In viktorianischen Zeiten zum Beispiel hielten prominente Wissenschaftler wie Thomas H. Huxley und Louis Agassiz öffentliche Vorträge, die oft wörtlich in Zeitungen und Zeitschriften gedruckt wurden (Weigold 2001), und Charles Darwin schrieb sein bahnbrechendes Buch "Über den Ursprung von Arten" für ein populäres, nicht spezialisiertes Publikum (Desmond und Moore 1991). In der heutigen Zeit ist das Tempo der Wissenschaftskommunikation immens schneller geworden, Informationen werden in kleineren Einheiten vermittelt, und die Lieferarten sind viel zahlreicher. Diese drei Trends gipfelten in der Nutzung sozialer Medien durch Wissenschaftler, um ihre Forschung auf zugängliche und relevante Weise für potenzielle Zielgruppen jenseits ihrer Altersgenossen zu teilen. Die Betonung von Zugänglichkeit und Relevanz deckt sich mit Forderungen, dass Wissenschaftler den Jargon aufgeben und ihre Wissenschaft einrahmen und teilen, insbesondere in einer "Post-Wahrheit"-Welt, die Emotionen über sachliche Informationen betonen kann (Nisbet und Mooney 2007; Bubela et al. 2009; Wilcox 2012; Lubchenco 2017).

Die Microblogging-Plattform Twitter entwickelt sich zu einem Medium der Wahl für Wissenschaftler (Collins et al. 2016), obwohl es immer noch von einer Minderheit genutzt wird (<40%) der akademischen Fakultät (Bart 2009; Noorden 2014). Twitter ermöglicht es Nutzern, kurze Nachrichten zu posten (ursprünglich bis zu 140 Zeichen, erhöht auf 280 Zeichen seit November 2017), die von jedem anderen Benutzer gelesen werden können. Benutzer können sich dafür entscheiden, anderen Benutzern zu folgen, deren Beiträge sie interessieren, in diesem Fall sehen sie automatisch die Tweets ihrer Followees; Umgekehrt können Nutzer von anderen Nutzern verfolgt werden, in diesem Fall können ihre Tweets von ihren Followern eingesehen werden. Es ist keine Berechtigung erforderlich, um einem Benutzer zu folgen, und die Wiederholung der Folgenden ist nicht obligatorisch. Tweets können kategorisiert (mit Hashtags), wiederholt (retweeted) und über andere Social-Media-Plattformen geteilt werden, die ihre Verbreitung exponentiell verstärken und Links zu Websites, Blogs oder wissenschaftlichen Arbeiten anbieten können (Shiffman 2012).

Der Einsatz digitaler Kommunikationstechnologien wie Twitter hat wissenschaftliche Vorteile. Wissenschaftliche Nutzer beschreiben es als ein Mittel, um mit neuer wissenschaftlicher Literatur, Stipendienmöglichkeiten und Wissenschaftspolitik Schritt zu halten, ihre eigenen veröffentlichten Arbeiten zu fördern und Ideen auszutauschen und an Konferenzen teilzunehmen, an denen sie nicht persönlich als "virtuelle Delegierte" teilnehmen können (Bonetta 2009; Bik und Goldstein 2013; Parsons et al. 2014; Bombaci et al. 2016). Twitter kann in den meisten Teilen des Lebenszyklus einer wissenschaftlichen Publikation eine Rolle spielen, von der Verbindung zu potenziellen Mitarbeitern über das Sammeln von Daten oder das Auffinden von Datenquellen bis hin zur Verbreitung des fertigen Produkts (Darling et al. 2013; Choo et al. 2015). Es gibt auch einige quantifizierbare Vorteile für Wissenschaftler, die soziale Medien nutzen. Zum Beispiel sammeln Papiere, über die häufiger getwittert wird, auch mehr Zitate (Eysenbach 2011; Thelwall et al. 2013; Peoples et al. 2016) und der Umfang der Tweets in der ersten Woche nach der Veröffentlichung korreliert mit der Wahrscheinlichkeit, dass ein Papier hoch zitiert wird (Eysenbach 2011), obwohl solche Beziehungen nicht immer vorhanden sind (z.B. Haustein et al. 2014).

Zusätzlich zu allen wissenschaftlichen Vorteilen könnten Wissenschaftler soziale Medien und insbesondere Twitter übernehmen, weil sie die Reichweite wissenschaftlicher Botschaften erhöhen und sich direkt mit nicht-wissenschaftlichen Zielgruppen austauschen können (Choo et al. 2015). Dieses Potenzial ergibt sich aus der Tatsache, dass Twitter die Macht schwacher Bindungen nutzt, definiert als soziale Interaktionen mit geringen Investitionen, die nicht auf persönlichen Beziehungen basieren (Granovetter 1973). Auf Twitter sind Follower-Follower-Beziehungen schwach: Nutzer kennen in der Regel nicht persönlich die Personen, denen sie folgen, oder die Personen, die ihnen folgen, da ihre Interaktionen hauptsächlich auf Nachrichteninhalten basieren. Dennoch können schwache Bindungen durch das Retweeten und Teilen von Nachrichten als Brücken über soziale, geografische oder kulturelle Gruppen hinweg fungieren und zu einer breiten und raschen Verbreitung von Informationen beitragen (Zhao et al. 2010; Ugander et al. 2012). Inwieweit die Botschaften twitternder Wissenschaftler von der Macht schwacher Bindungen profitieren, ist nicht bekannt. Bietet Twitter eine Plattform, die es Wissenschaftlern ermöglicht, ihre Erkenntnisse einfach anderen Wissenschaftlern innerhalb des Elfenbeinturms zu vermitteln

(d. H. "inreach") oder twittert, dass Wissenschaftler wirklich soziale Medien nutzen, um potenziell ein neues Publikum zu erreichen ("Outreach") (Bik et al. 2015; mcclain und Neeley 2015; Abb. 1)?

Hier fragen wir uns, ob Wissenschaftler tatsächlich ein breiteres Publikum über soziale Medien ansprechen, indem sie untersuchen, wer twitternden Wissenschaftlern folgt und wie sich die Zusammensetzung des Publikums im Laufe der Zeit verändert. Wir definieren ein breiteres Publikum als Mitglieder der Öffentlichkeit, die keine Wissenschaftler sind, zu denen Medien, Entscheidungsträger und Menschen in anderen nichtwissenschaftlichen Sektoren und Interessengruppen gehören können (Burns et al. 2003). Wenn Tweeting hauptsächlich eine Form der Inreach ist, erwarten wir, dass die Mehrheit der Anhänger von twitternden Wissenschaftlern aus anderen Wissenschaftlern bestehen, mit vielleicht etwas Übergreifen auf wissenschaftliche Disziplinen (Ke et al. 2017), aber mit weniger nicht-wissenschaftlichen Anhängern (Abb. 1). Eine solche begrenzte Reichweite von Wissenschaftlern könnte durch einen "Echokammer"-Effekt entstehen, bei dem Individuen bevorzugt Informationen von Gleichgesinnten (d. H. Homophilie; Sears und Freedman 1967; mcpherson et al. 2001; Sunstein 2001) oder durch einen "Blasenfilter"-Effekt, bei dem Algorithmen, die Empfehlungen darüber generieren, wem sie folgen sollen, auf den bestehenden Followees eines Benutzers basieren (Pariser 2011). Im Gegensatz dazu gehen wir davon aus, dass twitternde Wissenschaftler zunächst hauptsächlich andere Wissenschaftler in ihrer eigenen Disziplin als Follower gewinnen könnten, dass aber im Laufe der Zeit die Bandbreite der Follower-Typen zunehmen könnte, von Wissenschaftlern in anderen Disziplinen bis hin zu nicht-wissenschaftlichen Mitgliedern der Öffentlichkeit, der Medien und letztlich Entscheidungsträgern (z. B. Politikern; Abb. 1). Obwohl das Erreichen von Entscheidungsträgern vielleicht nicht ein begehrtes Ziel für alle twitternden Wissenschaftler ist, stellt es doch einen potenziell leistungsfähigen Kanal für die praktische Anwendung und Kommunikation wissenschaftlicher Entdeckungen dar.

## **SCHLUSSFOLGERUNG**

Akademische Wissenschaftler auf Twitter beginnen mit predigten dem Chor, können aber schließlich von den Dächern singen. Twitter ist teilweise eine Echokammer für akademische Wissenschaftler, in der twitterte naschende Wissenschaftler im Durchschnitt mehr Anhänger haben, die Wissenschaftler sind, als die Nicht-Wissenschaftler sind. Dieses Muster ist besonders ausgeprägt für akademische Wissenschaftler, die weniger als 1000 Anhänger haben: Diese Akademiker werden in erster Linie von anderen Wissenschaftlern gefolgt. Über diese Schwelle hinaus können die Tweets akademischer Wissenschaftler jedoch ein vielfältigeres Publikum erreichen, das sich hauptsächlich aus Nicht-Wissenschaftlern zusammensetzt. Twitter hat dann das Potenzial, als Outreach-Tool zu funktionieren.

Inwieweit Twitter akademischen Wissenschaftlern erlaubt, ein breites Publikum zu erreichen, war bisher unklar. Tatsächlich ist das beabsichtigte Publikum vieler twitternder Wissenschaftler oft auf andere Forscher beschränkt (Priem und Costello 2010; Collins et al. 2016) und Disziplinarsilos gibt es in den sozialen Medien, mit wenig Vermischung über themenspezifische Netzwerke von Wissenschaftlern (Ke et al. 2017). Das Publikum der Akademiker kann jedoch viel vielfältiger sein. Darling et al. (2013) fanden beispielsweise heraus, dass zu den Anhängern der vier Co-Autoren dieser Zeitung Wissenschaftler, Studenten und Journalisten der Nichtregierungsorganisation (NGO) gehörten. Eine Umfrage über Live-Tweets eines internationalen Naturschutzkongresses ergab ebenfalls, dass Tweets von dieser Konferenz ein nicht teilnehmendes Publikum erreichten, das weit auswärts als die Konferenzteilnehmer (Bombaci et al. 2016). Unsere Ergebnisse unterstützen diese Ergebnisse und zeigen, dass die Heterogenität des Publikums mit der Zeit steigt, wenn die Anzahl der Follower steigt. Mehr Follower zu haben bedeutet nicht nur ein vielfältigeres Publikum, sondern auch eine enorm erweiterte Reichweite. Akademische Wissenschaftler haben in der Regel begrenzte Reichweiten, d.h. Sie werden von Menschen (in der Regel andere Akademiker) gefolgt, die nur wenige Anhänger haben. Die Erweiterung der Vielfalt, die mit einer größeren Anhängerschaft verbunden ist, bringt auch Follower-Typen, die beliebter sind, und erhöht die Gesamtreichweite wissenschaftlicher Botschaften drastisch.

Natürlich bieten hohe Zahlen, Vielfalt und Reichweite der Follower keine Garantie dafür, dass Nachrichten gelesen oder verstanden werden. Es gibt Beweise dafür, dass Menschen selektiv lesen, was zu

ihrer Wahrnehmung der Welt passt (z.B. Sears und Freedman 1967; mcpherson et al. 2001; Sunstein 2001; Himelboim et al. 2013). So könnten Nicht-Wissenschaftler, die Wissenschaftlern auf Twitter folgen, bereits positiv geneigt sein, wissenschaftliche Informationen zu konsumieren. Wenn dies zutrifft, könnte man argumentieren, dass Twitter also eine Echokammer bleibt, aber es ist eine viel größere als die übliche Leserschaft wissenschaftlicher Publikationen. Darüber hinaus ist es schwierig, den Grad des Verständnisses von wissenschaftlichen Tweets abzuschätzen. Die Kürze und Fragmentität von wissenschaftswissenschaftlichen Tweets kann zu oberflächlicher Verarbeitung und Verständnis der Botschaft führen (Jiang et al. 2016). Eine Metrik des Einflusses von Tweets ist das Ausmaß, in dem sie geteilt (d. H. Retweetet) werden. Twitter-Nutzer retweeteten Beiträge, wenn sie sie interessant finden (daher wurden die Beiträge zumindest gelesen, wenn nicht verstanden) und wenn sie die Quelle für glaubwürdig halten (Metaxas et al. 2015). Unserer Kenntnis nach gibt es keine Daten darüber, wie oft Tweets von Wissenschaftlern von verschiedenen Arten von Followern neu gepostet werden. Solche Informationen würden weitere Beweise für eine Outreach-Funktion von Twitter in der Wissenschaftskommunikation liefern.

Unter den meisten Theorien des Wandels, die beschreiben, wie Wissenschaft letztlich evidenzbasierte Strategien beeinflusst, sind Entscheidungsträger eine entscheidende Gruppe, die von Wissenschaftlern engagiert werden sollte (Smith et al. 2013). Politische Veränderungen können entweder durch direkte Anwendung der Forschung auf die Politik oder, häufiger, durch Druck der Öffentlichkeit, die durch Forschung angetrieben oder vorangetrieben werden kann, erfolgen (Baron 2010; Phillis et al. 2013). Beide Wege erfordern ein aktives Engagement von Wissenschaftlern in der Gesellschaft (Lubchenco 2017). Es ist wohl einfacher denn je für Wissenschaftler, Zugang zu Entscheidungs- und politischen Entscheidungsträgern zu haben, da Beamte auf allen Regierungsebenen zunehmend soziale Medien nutzen, um sich mit der Öffentlichkeit zu verbinden (z. B. Grant et al. 2010; Kapp et al. 2015). Wir stellten jedoch fest, dass die Entscheidungsträger nur 0,3 % (n = 191 von 64 666) der Anhänger akademischer Wissenschaftler ausmachten (siehe auch Bombaci et al. 2016 in Bezug auf das Publikum von Konferenz-Tweets). Darüber hinaus beginnen die Entscheidungsträger, Wissenschaftlern in größerer Zahl erst zu folgen, wenn diese ein gewisses Maß an "Beliebtheit" erreicht haben (d. H. ~2200 Follower; Tabelle 2). Die allgemeine Sorge, ob wissenschaftliche Tweets tatsächlich von Followern gelesen werden, gilt noch stärker für Entscheidungsträger, da sie bekanntermaßen Twitter eher als Rundfunkinstrument als für den Dialog nutzen (Grant et al. 2010). Daher sind soziale Medien wahrscheinlich kein effektiver Ersatz für eine direktere wissenschaftlich-politische Öffentlichkeitsarbeit, die viele Wissenschaftler jetzt betreiben, wie etwa die Aussage vor speziellen Regierungsausschüssen, die direkte Kontaktaufnahme mit Entscheidungsträgern usw. Durch die aktive Beteiligung einer großen Twitter-Folge von Nicht-Wissenschaftlern erhöhen Wissenschaftler jedoch die Chancen, von einem Entscheidungsträger verfolgt zu werden, der ihre Botschaften sehen könnte, sowie die Chancen, als potenzieller Experte für weitere Beiträge identifiziert zu werden.

Wie kann ein Wissenschaftler also seine Twitter-Folge aufbauen und sich mit ihm beschäftigen? Im Allgemeinen haben Leute, die mehr twittern, mehr Follower (z.B. Huberman et al. 2008; Kwak et al. 2010). Ob kausal oder einfach nur korrelierend, die Stärke dieser Assoziation ist dennoch variabel und im Allgemeinen gering (z. B. In dieser Studie  $r = 0,48$ ). Darüber hinaus spiegelt die Größe der folgenden Nichten wider, wie viel Follower mit den Tweets eines Benutzers interagieren, z. B. Durch Retweeten (Avnit 2009; Cha et al. 2010). Für das Publikumsengagement kommt es auf Inhalte an (Bik et al. 2015). Tweets, die Hyperlinks und Hashtags enthalten, werden eher retweetet (z. B. Nagarajan et al. 2010; Suh et al. 2010; Pang und Law 2017), ebenso wie Tweets, die Bilder enthalten (z.B. Bruni et al. 2012). Noch wichtiger für die Wahrscheinlichkeit, retweetet zu werden, ist die Aktualität des Tweets für den Follower (Shi et al. 2017), der die Notwendigkeit für Wissenschaftler anspricht, ihre Botschaft ihrem zielgruppenmäßigen Publikum wichtig zu machen (Baron 2010). Eine letzte wichtige Lektion ist, dass normale Benutzer, die einflussreich werden (d.h. Die häufig erwähnt und (oder) häufig retweetet werden), dazu neigen, ihre Tweets auf enge Themen zu beschränken (Cha et al. 2010). Obwohl Twitter-Einfluss aufgrund von Timing, Umständen oder Emotionen (z. B. Jackson und Spencer 2017) versehentlich gewonnen werden kann, ist es jedoch häufiger das Ergebnis konzertierter und beharrlicher Bemühungen.

Wir gehen davon aus, dass die Muster, die wir für eine Stichprobe von Ökologen und Evolutionsbiologen in Fakultätspositionen aufgedeckt haben, weit über andere akademische Disziplinen hinweg gelten können. Wir erkennen an, dass die ursprüngliche Liste, aus der wir Benutzer nach dem Zufallsprinzip ausgewählt haben, wahrscheinlich auf verschiedene Weise voreingenommen ist. Ungefähr 70% der Nutzer in der ursprünglichen Liste, und 75% in unserem Beispiel von 110 Nutzern (Tabelle S5), kamen aus den USA oder Großbritannien, obwohl dies der globalen Verteilung der Twitter-Nutzer entspricht (Kulshrestha et al. 2012). Unsere Stichprobe umfasste auch überwiegend männliche Nutzer (69%), aber auch diese geschlechtsspezifische Voreingenommenheit spiegelt genau die Unterrepräsentation von Frauen in akademischen Positionen wider, insbesondere in Wissenschaft und Technologie (z. B. <30% an amerikanischen öffentlichen Universitäten, Li und Koedel 2017). Unsere Auswahl an Akademikern auf Twitter stellt auch einige Voreingenommenheit, durch die Akademiker wählen, auf Twitter zu sein, die aktiv über Wissenschaft twittern, und die ausgewählt wurden, um die Twitter-Liste, die wir in unserer Analyse verwendet. Es gibt einige dokumentierte disziplinarische Unterschiede in der Nutzung von Twitter. Zum Beispiel twitterten Forscher in den digitalen Geisteswissenschaften in einem Vergleich von 10 akademischen Bereichen, die die Wissenschaften und Geisteswissenschaften umfassen, am meisten, Ökonomen teilten die meisten Links und Biochemiker retweeteten mehr als akademische Nutzer in anderen Bereichen (Holmberg und Thelwall 2014). Allerdings ist unklar, ob diese Unterschiede in den Akkumulationsraten der Follower und der verschiedenen Followertypen zwischen den Disziplinen zu unterschiedlichen Unterschieden führen.

Die größte Herausforderung für die Wissenschaftskommunikation ist es, das Publikum zu erreichen (Bubela et al. 2009). Das heutige Publikum wendet sich zunehmend unkonventionellen Medienquellen zu Informationen über spezifische wissenschaftliche Themen und weg von Online-Versionen traditioneller Nachrichtenagenturen zu (National Science Board 2016). Twitter bietet daher eine zeitnahe Möglichkeit für Akademiker, ein breites Publikum zu erreichen. Hier zeigen wir, dass es ein nichtlinearer Prozess ist, ein breites Publikum auf Twitter zu erreichen, das ein nachhaltiges Online-Engagement erfordert und nur über eine bestimmte Anzahl von Followern hinaus auftreten kann. Unsere Ergebnisse liefern Wissenschaftlern klare Beweise dafür, dass soziale Medien als erster Schritt genutzt werden können, um wissenschaftliche Botschaften weit über den Elfenbeinturm hinaus zu verbreiten.

## **TRANSLATED VERSION: PORTUGUESE**

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

## **VERSÃO TRADUZIDA: PORTUGUÊS**

Aqui está uma tradução aproximada das ideias acima apresentadas. Isto foi feito para dar uma compreensão geral das ideias apresentadas no documento. Por favor, desculpe todos os erros gramaticais e não responsabilize os autores originais responsáveis por estes erros.

## **INTRODUÇÃO**

A comunicação sempre foi parte integrante do esforço científico. Na época vitoriana, por exemplo, cientistas proeminentes como Thomas H. Huxley e Louis Agassiz proferiram palestras públicas que foram impressas, muitas vezes verbatim, em jornais e revistas (Weigold 2001), e Charles Darwin escreveu o seu livro seminal "Sobre a origem das espécies" para um público popular e não especializado (Desmond e Moore 1991). Nos tempos modernos, o ritmo da comunicação científica tornou-se imensamente mais rápido, a informação é transmitida em unidades mais pequenas, e os modos de entrega são muito mais numerosos. Estas três tendências culminaram na utilização das redes sociais por cientistas para partilhar a sua investigação de formas acessíveis e relevantes para potenciais públicos além dos seus pares. A ênfase na acessibilidade e relevância alinha-se com os apelos para que os cientistas abandonem o jargão e que



emolduram e partilhem a sua ciência, especialmente num mundo "pós-verdade" que pode enfatizar a emoção sobre a informação factual (Nisbet e Mooney 2007; Bubela et al. 2009; Wilcox 2012; Lubchenco 2017).

A plataforma de microblogging Twitter está a emergir como um meio de escolha para cientistas (Collins et al. 2016), embora ainda seja usada por uma minoria (<40%) do corpo docente académico (Bart 2009; Noorden 2014). O Twitter permite que os utilizadores publiquem mensagens curtas (originalmente até 140 caracteres, aumentadas para 280 caracteres desde novembro de 2017) que podem ser lidas por qualquer outro utilizador. Os utilizadores podem optar por seguir outros utilizadores cujas publicações estão interessadas, caso em que vêem automaticamente os tweets dos seus seguidores; inversamente, os utilizadores podem ser seguidos por outros utilizadores, caso em que os seus tweets podem ser vistos pelos seus seguidores. Não é necessária qualquer permissão para seguir um utilizador, e a reciprocidade de seguir não é obrigatória. Os tweets podem ser categorizados (com hashtags), repetidos (retweetados) e partilhados através de outras plataformas de redes sociais, que podem amplificar exponencialmente a sua difusão e podem oferecer links para sites, blogs ou artigos científicos (Shiffman 2012).

Existem vantagens científicas na utilização de tecnologias de comunicação digital como o Twitter. Os utilizadores científicos descrevem-na como um meio de se manterem a par de novas literaturas científicas, oportunidades de concessão e política científica, para promoverem os seus próprios artigos publicados e trocarem ideias, e participarem em conferências que não podem participar pessoalmente como "delegados virtuais" (Bonetta 2009; Bik e Goldstein 2013; Parsons et al. 2014; Bombaci et al. 2016). O Twitter pode desempenhar um papel na maior parte do ciclo de vida de uma publicação científica, desde fazer ligações com potenciais colaboradores, recolher dados ou encontrar fontes de dados, até a divulgação do produto acabado (Darling et al. 2013; Choo et al. 2015). Há também alguns benefícios quantificáveis para os cientistas que usam as redes sociais. Por exemplo, os artigos que são tweetados mais frequentemente também acumulam mais citações (Eysenbach 2011; Thelwall et al. 2013; Peoples et al. 2016), e o volume de tweets na primeira semana após a publicação correlaciona-se com a probabilidade de um artigo se tornar altamente citado (Eysenbach 2011), embora tais relações nem sempre estejam presentes (por exemplo, Haustein et al. 2014).

Além de quaisquer benefícios académicos, os cientistas podem adotar as redes sociais, e o Twitter em particular, devido ao potencial de aumentar o alcance das mensagens científicas e o envolvimento direto com o público não científico (Choo et al. 2015). Este potencial provém do facto de o Twitter aproveitar o poder dos laços fracos, definidos como interações sociais de baixo investimento que não se baseiam em relações pessoais (Granovetter 1973). No Twitter, as relações entre seguidores e seguidores são fracas: os utilizadores geralmente não conhecem pessoalmente as pessoas que seguem ou as pessoas que as seguem, uma vez que as suas interações se baseiam principalmente no conteúdo da mensagem. No entanto, retweetando e partilhando mensagens, os laços fracos podem funcionar como pontes entre grupos sociais, geográficos ou culturais e contribuir para uma ampla e rápida difusão de informação (Zhao et al. 2010; Ugander et al. 2012). Desconhece-se até que ponto as mensagens de tweets dos cientistas beneficiam do poder dos laços fracos. O Twitter fornece uma plataforma que permite aos cientistas simplesmente promover as suas descobertas a outros cientistas dentro da torre de marfim (ou seja, "inreach"), ou estão a tweetar cientistas que exploram verdadeiramente as redes sociais para potencialmente alcançar novos públicos ("outreach") (Bik et al. 2015; mcclain e Neeley 2015; Fig. 1)?

Aqui, perguntamos se os cientistas estão, de facto, a envolver audiências mais amplas através das redes sociais, examinando quem segue o tweet dos cientistas e como a composição do público muda à medida que os seguidores se acumulam ao longo do tempo. Definimos audiências mais amplas como membros do público que não são cientistas, que podem incluir membros dos meios de comunicação, decisores e pessoas de outros sectores não científicos e grupos de interesses (Burns et al. 2003). Se o tweet é principalmente uma forma de inreach, esperamos que a maioria dos seguidores de tweets de cientistas consistam em outros cientistas, com talvez algum derrame nas disciplinas científicas (Ke et al. 2017), mas com menos seguidores não científicos (Fig. 1). Um alcance tão limitado por parte dos cientistas poderia surgir através de um efeito "câmara de eco", onde os indivíduos procuram e consomem informação de indivíduos com ideias semelhantes (isto é, homofóia; Sears e Freedman 1967; mcpherson et al. 2001; Sunstein 2001), ou através

de um efeito "filtro de bolha", onde algoritmos que geram recomendações sobre quem seguir são baseados nos seguidores existentes de um utilizador (Pariser 2011). Em contraste, se o tweet funciona como uma ferramenta de divulgação, nós colocamos a hipótese de que os cientistas do tweet podem inicialmente ganhar principalmente outros cientistas na sua própria disciplina como seguidores, mas que com o tempo o leque de tipos de seguidores pode aumentar, desde cientistas de outras disciplinas a membros não científicos do público, dos meios de comunicação social e, em última análise, dos decisores (por exemplo, políticos; Fig. 1). Embora chegar aos decisores possa não ser um objetivo procurado para todos os cientistas do tweet, representa um canal potencialmente poderoso para a aplicação prática e comunicação de descobertas científicas.

## CONCLUSÃO

Cientistas académicos no Twitter começam por pregar para o coro, mas podem eventualmente cantar dos telhados. O Twitter é em parte uma câmara de eco para cientistas académicos onde, em média, os cientistas académicos tweetando têm mais seguidores que são cientistas do que não-cientistas. Este padrão é particularmente marcado para cientistas académicos que têm menos de 1000 seguidores: estes académicos são seguidos principalmente por outros cientistas. No entanto, para além deste limiar, os tweets dos cientistas académicos podem alcançar um público mais variado, composto principalmente por não-cientistas. O Twitter tem então o potencial de funcionar como uma ferramenta de divulgação.

A medida em que o Twitter permite que cientistas académicos alcancem audiências amplas tem sido, até agora, pouco clara. Na verdade, o público pretendido de muitos cientistas do tweet é muitas vezes limitado a outros investigadores (Priem e Costello 2010; Collins et al. 2016) e silos disciplinares existem nas redes sociais, com pouca mistura entre redes específicas de cientistas (Ke et al. 2017). No entanto, o público dos académicos pode ser muito mais variado. Darling et al. (2013), por exemplo, descobriu que os seguidores dos quatro coautores do artigo incluíam cientistas, estudantes e jornalistas académicos, governamentais e não-governamentais (ONG). Um levantamento de tweet ao vivo de um congresso internacional de conservação também descobriu que os tweets dessa conferência chegaram a uma audiência pouco presente que era muito mais diversificada do que os participantes da conferência (Bombaci et al. 2016). Os nossos resultados apoiam estas descobertas e mostram que a heterogeneidade do público aumenta ao longo do tempo, à medida que o número de seguidores aumenta. Ter mais seguidores não significa apenas um público mais diversificado, mas um alcance muito expandido. Os cientistas académicos geralmente têm alcances limitados, ou seja, são seguidos por pessoas (geralmente outros académicos) que têm poucos seguidores. O alargamento da diversidade associada a um seguinte maior também traz tipos de seguidores mais populares, aumentando drasticamente o alcance geral das mensagens científicas.

É claro que os elevados números, diversidade e alcance dos seguidores não oferecem garantias de que as mensagens sejam lidas ou compreendidas. Há provas de que as pessoas lêem seletivamente o que se encaixa na sua perceção do mundo (por exemplo, Sears e Freedman 1967; mcpherson et al. 2001; Sunstein 2001; Himelboim et al. 2013). Assim, os não-cientistas que seguem cientistas no Twitter podem já estar positivamente inclinados a consumir informação científica. Se isso for verdade, então pode-se argumentar que o Twitter continua a ser uma câmara de eco, mas é muito maior do que a habitual leitura de publicações científicas. Além disso, é difícil avaliar o nível de compreensão dos tweets científicos. A brevidade e a natureza fragmentada dos tweets científicos podem levar ao processamento superficial e à compreensão da mensagem (Jiang et al. 2016). Uma métrica da influência dos tweets é a medida em que são partilhados (isto é, retweetados). Os utilizadores do Twitter retweetam publicações quando as consideram interessantes (daí que as publicações fossem pelo menos lidas, se não compreendidas) e quando consideram a fonte credível (Metaxas et al. 2015). Pelo que sabemos, não existem dados sobre a frequência com que os tweets dos cientistas são repostados por diferentes tipos de seguidores. Essas informações forneceriam mais provas para uma função de divulgação do Twitter na comunicação científica.

Sob a maioria das teorias de mudança que descrevem como a ciência acaba por afetar as políticas baseadas em evidências, os decisores são um grupo crucial que deve ser envolvido por cientistas (Smith et al. 2013). As mudanças de política podem ser efetuadas quer através da aplicação direta da investigação à

política, quer, mais frequentemente, através da pressão da consciência pública, que pode conduzir ou ser impulsionada pela investigação (Barão 2010; Phillis et al. 2013). Qualquer uma das vias requer um envolvimento ativo dos cientistas com a sociedade (Lubchenco 2017). É indiscutivelmente mais fácil do que nunca para os cientistas ter acesso a decisões e decisores políticos, uma vez que funcionários de todos os níveis do governo estão a usar cada vez mais as redes sociais para se conectarem com o público (por exemplo, Grant et al. 2010; Kapp et al. 2015). No entanto, constatámos que os decisores representavam apenas ~0,3% (n = 191 de 64 666) dos seguidores de cientistas académicos (ver também Bombaci et al. 2016 em relação ao público do tweet da conferência). Além disso, os decisores começam a seguir os cientistas em maior número apenas depois de este último ter atingido um certo nível de "popularidade" (isto é, ~2200 seguidores; Mesa 2). A preocupação geral sobre se os tweets científicos são realmente lidos pelos seguidores aplica-se ainda mais fortemente aos decisores, uma vez que são conhecidos por usar o Twitter em grande parte como uma ferramenta de radiodifusão e não para o diálogo (Grant et al. 2010). Assim, as redes sociais não são provavelmente uma substituição eficaz por uma divulgação mais direta da ciência para a política em que muitos cientistas estão agora envolvidos, como testemunhar perante comités governamentais especiais, contactar diretamente os decisores, etc. No entanto, ao envolver ativamente um grande Twitter de não-cientistas, os cientistas aumentam as probabilidades de serem seguidos por um decisor que possa ver as suas mensagens, bem como as probabilidades de serem identificados como um potencial perito para novas contribuições.

Então, como pode um cientista construir e envolver-se com o seu Twitter? Em geral, as pessoas que tweetam mais têm mais seguidores (por exemplo, Huberman et al. 2008; Kwak et al. 2010). Seja causal ou simplesmente correlacional, a força desta associação é, no entanto, variável e geralmente baixa (por exemplo, neste estudo,  $r = 0,48$ ). Além disso, a dimensão dos seguintes não reflete o quanto os seguidores se envolvem com os tweets de um utilizador, por exemplo através de retweeting (Avnit 2009; Cha et al. 2010). Para o envolvimento do público, os conteúdos importam (Bik et al. 2015). Os tweets que contêm hiperligações e hashtags são mais propensos a serem retweetados (por exemplo, Nagarajan et al. 2010; Suh et al. 2010; Pang e Lei 2017), assim como os tweets que contêm imagens (por exemplo, Bruni et al. 2012). Ainda mais importante para a probabilidade de ser retweetado é a relevância tópica do tweet para o seguidor (Shi et al. 2017), que fala da necessidade de os cientistas fazerem a sua mensagem importar para o seu público pretendido (Barão 2010). Uma última lição importante é que os utilizadores comuns que se tornam influentes (isto é, que são mencionados e (ou) retweetados frequentemente) tendem a limitar os seus tweets a tópicos estreitos (Cha et al. 2010). Assim, embora a influência do Twitter possa ser obtida acidentalmente devido ao tempo, circunstância ou emoção (por exemplo, Jackson e Spencer 2017), é mais frequentemente o resultado de um esforço concertado e persistente.

Assumimos que os padrões que descobrimos para uma amostra de ecologistas e biólogos evolucionistas em cargos docentes podem aplicar-se amplamente em outras disciplinas académicas. Reconhecemos que a lista inicial a partir da qual escolhemos utilizadores aleatoriamente era suscetível de ser tendenciosa de várias maneiras. Cerca de 70% dos utilizadores da lista original, e ~75% na nossa amostra de 110 utilizadores (Table S5), eram dos EUA ou do Reino Unido, embora isso corresponda à distribuição global de utilizadores do Twitter (Kulshrestha et al. 2012). A nossa amostra também incluía utilizadores predominantemente masculinos (69%), mas, mais uma vez, este preconceito de género reflete com precisão a subrepresentação das mulheres em cargos académicos, particularmente em toda a ciência e tecnologia (por exemplo, <30% nas universidades públicas americanas, Li e Koedel 2017). A nossa seleção de académicos no Twitter também apresenta algumas tendências através das quais os académicos escolhem estar no Twitter, que ativamente tweetam sobre ciência, e que foram selecionados para se juntarem à lista do Twitter que usamos na nossa análise. Existem algumas diferenças disciplinares documentadas na utilização do Twitter. Por exemplo, numa comparação de 10 áreas académicas abrangendo as ciências e humanidades, os investigadores em humanidades digitais foram os que mais tweetaram, os economistas partilharam mais links, e os bioquímicos retweetaram mais do que os utilizadores académicos noutras áreas (Holmberg e Thelwall 2014). No entanto, não é claro se estas diferenças se traduzem em diferenças nas taxas de acumulação de seguidores, e de diferentes tipos de seguidores, entre disciplinas.

O maior desafio para a comunicação científica é chegar ao público (Bubela et al. 2009). As audiências de hoje estão cada vez mais a virar-se para fontes não convencionais de informação sobre questões científicas específicas e longe de versões online dos meios de comunicação tradicionais (National Science Board 2016). O Twitter, portanto, oferece um meio oportuno para os académicos alcançarem um público popular. Aqui, mostramos que alcançar uma ampla audiência no Twitter é um processo não linear que requer um envolvimento on-line sustentado, e só pode ocorrer além de um certo número de seguidores. Os nossos resultados fornecem aos cientistas provas claras de que as redes sociais podem ser usadas como um primeiro passo para divulgar mensagens científicas muito além da torre de marfim.