

Pamela Ronald: per una agricultura realment sostenible, oberta a les noves tecnologies

Núria S. Coll

Científica del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) i investigadora principal al Centre de Recerca en Agrigenòmica (CRAG). Durant la seva carrera ha fet importants contribucions al camp de la immunitat i la mort cel·lular en plantes, amb articles publicats en revistes d'alt impacte com *Science*, *PNAS*, *Cell Death & Differentiation*, *New Phytologist*, entre d'altres. Ha obtingut nombroses beques i contractes competitiu de prestigi nacionals i internacionals, com Marie Curie, Beatriu de Pinós, Swiss National Science Foundation i Ramón y Cajal. La seva activitat científica ha estat guardonada amb el Premi Josep M. Sala-Trepad de la Societat Catalana de Biologia i la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos, entre d'altres. Al llarg de la seva carrera, la doctora Coll sempre ha mostrat una gran dedicació a la transferència de coneixement i també a la divulgació científica, per tal de fer arribar a la societat la recerca en biologia molecular i biotecnologia de plantes.

Correspondència: Núria S. Coll. Centre de Recerca en Agrigenòmica (CRAG). Consorci CSIC-IRTA-UAB-UB. Edifici CRAG. Campus UAB. Adreça electrònica: nuria.sanchez-coll@cragenomica.es.

DOI: 10.2436/20.1501.02.222

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 18/10/2022

Acceptat: 12/05/2023

Resum

Pamela Ronald és una biòloga estatunidenca, actualment professora a la Universitat de Califòrnia a Davis, que ha realitzat importants avenços sobre els mecanismes que regulen la resposta a l'estrès d'un dels cultius més importants a escala mundial: l'arròs. Ronald ha descobert nous mecanismes tant de resistència a patògens com de tolerància a la inundació en plantes d'arròs. A banda de la seva rellevant aportació a la ciència bàsica, Ronald ha aplicat aquests coneixements i ha contribuït així a obtenir noves varietats d'arròs comercial que incorporin aquests nous trets. També s'ha involucrat activament a millorar els processos que regulen la protecció de la propietat intel·lectual i la llicència dels descobriments realitzats al sector públic, buscant noves fórmules que assegurin que els països més desfavorits puguin també beneficiar-se'n. Al llarg de la seva carrera, Ronald ha dut a terme una impressionant labor de divulgació de defensa d'una agricultura sostenible que pugui fer front a l'augment de la demanda alimentària projectat per als propers anys arran de l'increment de la població, particularment en països subdesenvolupats o en via de desenvolupament. Ronald és una ferma defensora d'introduir noves pràctiques agrícoles de caire més ecològic, però a gran escala, incorporant noves tecnologies que inclouen la modificació genètica dels cultius per augmentar-ne la productivitat o que introdueixen nous caràcters desitjables.

Paraules clau: agricultura, sostenibilitat, organismes modificats genèticament, medi ambient.

Introducció

Les actuals projeccions de creixement de la població mundial pronostiquen un corresponent augment de la demanda alimentària, a la qual pot ser difícil fer front. Es preveu que de cara a 2050 hi haurà dos mil milions de persones més al planeta, majoritàriament concentrades a l'Àfrica subsahariana i al sud i sud-est asiàtic (United Nations, 2002). Malauradament, aquestes són les regions on s'esperen els efectes més severos del canvi climàtic, amb episodis cada cop més freqüents de fenòmens extrems com sequeres, onades de calor, ciclons, incendis i inundacions. D'altra banda, l'agricultura

intensiva destinada a l'augment de la productivitat va acompanyada d'una enorme despesa energètica i d'aigua, a part d'erosionar el sòl, contaminar el medi amb pesticides i fertilitzants i alterar els ecosistemes. Per tal de fer front a aquesta preocupant situació serà necessària una segona revolució verda en què la tecnologia i les pràctiques més ecològiques puguin anar de bracet per arribar a un sistema de producció d'aliments sostenible. I això és precisament el que proposa i al que ha dedicat la seva carrera la protagonista d'aquest article, Pamela Ronald: l'agricultura realment sostenible, basada en coneixement científic, lluny dels

cants de sirena d'un suposat ecologisme lliure de tecnologia de dubtós benefici per als qui més ho necessiten.

Inicis

Pamela Ronald és una californiana nascuda l'any 1961 a la badia de San Francisco. El privilegiat entorn natural en el qual va créixer, amb excursions freqüents a Sierra Nevada en família, li va despertar un gran interès per les plantes ja des de molt petita. El seu pare, d'origen alemany, es va escapar de l'holocaust nazi sent un nen, i es va establir als Estats Units després d'un periple que relata al seu llibre *Last train to*

Pamela Ronald: For a truly sustainable agriculture, open to the new technologies

Abstract

Pamela Ronald is an American biologist who currently teaches at the University of California-Davis. She has made important advances on the mechanisms regulating the stress responses of one of the most important crops worldwide: rice. Ronald has discovered new mechanisms of both pathogen resistance and flood tolerance in rice plants. Aside from this significant contribution to basic science, Ronald has applied her knowledge to the development of new varieties of commercial rice that incorporate these innovative features. Additionally she has been actively involved in improving the processes that regulate the protection of intellectual property and the licensing of discoveries made in the public sector, looking for new formulas to ensure that the most disadvantaged countries can also benefit from them. Throughout her career, Ronald has carried out an impressive job of spreading the idea of sustainable agriculture as a way of coping with the increase in food demand predicted for the coming years due to the increase in population, particularly in underdeveloped and developing countries. Pamela Ronald is a fervent advocate of introducing new farming practices that are more ecological and applicable on a large scale, incorporating new technologies that include the genetic modification of crops to increase productivity or to introduce desirable new characteristics.

Keywords: agriculture, sustainability, genetically modified organisms, environment.

freedom (Ronald, 1997). Pamela Ronald va estudiar biologia al Reed College, a Portland (Oregon), i es va graduar l'any 1982. Posteriorment, va realitzar dos màsters, un en biologia a la prestigiosa Universitat de Stanford, a Califòrnia, i l'altre en fisiologia vegetal a la Universitat d'Uppsala, a Suècia, gràcies a una beca Fulbright. En aquest període va començar a estudiar com les plantes es relacionen amb altres organismes, en concret amb fongs micorrízics, que són aquells que colonitzen de manera simbiòtica les arrels, com les tòfones o els rovellons. Va cursar els seus estudis doctorals a la Universitat de Berkeley, sota la supervisió de Brian Staskawicz, un pioner en la fitopatologia molecular i un dels científics més influents en aquesta àrea. Durant aquest període, Pamela Ronald va dur a terme importants avenços sobre com les plantes són capaces de reconèixer certs patògens, clonant diversos efectors bacterians que són reconeguts per la planta i que activen de manera eficient el seu sistema immunitari per evitar la infecció (Ronald i Staskawicz, 1988; Ronald *et al.*, 1992a).

Arròs resistent a patògens

Un cop obtingut el doctorat (1990) en biologia molecular i fisiologia de plantes, Pamela Ronald va realitzar una visita a l'International Rice Research Institute (IRRI), a les Filipines, on va néixer el seu interès per entendre les bases genètiques i moleculars de la immunitat de l'arròs enfront del foc bacterià. Aquesta malaltia, causada en l'arròs pel bacteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, té efectes devastadors que ocasionen grans pèrdues econòmiques als agricultors africans i asiàtics, per als quals aquest cereal és essencial. A l'IRRI va conèixer Gurdev Khush, un genetista d'arròs que havia identificat un locus genètic anomenat XA21, present en un arròs salvatge provinent de Mali (*Oryza longistaminata*). Khush i el seu equip havien transferit aquest locus a varietats comercials d'arròs mitjançant tècniques tradicionals de millora amb què van aconseguir resistència d'ampli espectre contra la malaltia (Khush *et al.*, 1990).

Amb material obtingut a l'IRRI, Pamela Ronald va dur a terme una estada postdoctoral al laboratori de Steven Tanksley, a la Universitat de Cornell, investigador referent en el clonatge posicional de gens d'espècies cultivades, tècnica de gran importància en l'era pregenòmica. Durant aquest període, Ronald va mapar XA21 (Ronald *et al.*, 1992b). Aquests descobriments li van servir de base per iniciar una línia d'investigació independent a la Universi-

tat de Califòrnia a Davis, on es va establir com a professora l'any 1992 (figura 1). En poc temps el seu equip va aconseguir identificar el gen responsable del fenotip de resistència en arròs: es tractava d'un receptor de membrana capaç de percebre el patògen (Song *et al.*, 1995). Aquest descobriment, publicat a *Science*, va ser de gran impacte tant en l'àmbit científic com social, ja que obria la possibilitat d'introduir aquest gen en altres cultius per fer-los resistent, i així reduir l'ús de pesticides al camp. L'equip de Ronald segueix treballant en aquest projecte, desxifrant els mecanismes moleculars que regulen la immunitat mediada per XA21, com, per exemple, identificant la proteïna bacteriana que actua de lligand d'aquest receptor immune d'arròs (Pruitt *et al.*, 2015). Aquesta línia de recerca ha suposat un important avenç per entendre com les plantes són capaces de detectar els seus agents invasius i reaccionar-hi (Ercoli *et al.*, 2022).

Arròs tolerant a la inundació

En paral·lel al projecte anterior, Pamela Ronald també va iniciar una línia de recerca dedicada a comprendre els mecanismes de tolerància a la inundació en arròs de cara a obtenir coneixement que pot beneficiar sectors desfavorits de la població mundial. L'arròs pot créixer parcialment submergit, però en condicions d'inundació total les plantes moren en pocs dies. Això fa que la tolerància a la inundació sigui un tret particularment important en països com l'Índia o Bangladesh, on cada any es perden milions de tones d'arròs a causa d'aquest fenomen, cada cop més freqüent i imprevisible arran del canvi climàtic. A banda, sol afectar les franges de població més vulnerables, a qui es concedeixen els terrenys més propers a les lleres dels rius i, per tant, més susceptibles d'inundació.

Partint d'una varietat ancestral d'arròs de les Índies Orientals que podia créixer submergida durant més de dues setmanes, l'equip de Pamela Ronald va identificar el gen responsable d'aquest caràcter tan apreciat. Anteriorment, el seu col·laborador David Mackill havia mapat el tret a un locus genètic que va denominar SUB1 (*submergence tolerant 1*) (Xu i Mackill, 1996). Una dècada després de l'inici del projecte van descobrir que el locus SUB1 mapava una regió amb tres factors de resposta a l'etilè (ERF, de l'anglès *ethylene response factors*), hormona vegetal que respon a diversos estressos. Mitjançant l'enginyeria genètica van demostrar que l'expressió del transgen SUB1A en plantes d'arròs susceptibles a la inundació



↑ Figura 1. Pamela Ronald a PopTech, 2008. Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Pamela_Ronald#/media/File:Pamela_Ronald_at_Pop!Tech_2008.jpg>, sota llicència Creative Commons Attribution 2.0 Generic, <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>> (consulta: 7 desembre 2022).

els conferia una forta tolerància a aquest estrès (Xu *et al.*, 2006). Investigadors de l'IRRI van utilitzar la selecció assistida per marcadors per introduir aquest gen en varietats comercials d'arròs apreciades per la població índia, i la nova varietat (Swarna-SUB1) és utilitzada actualment per milions d'agricultors a l'Àsia. Diversos estudis han mostrat increments significatius en la producció d'arròs en zones propenses a la inundació, i són els agricultors més desfavorits els que han obtingut beneficis més grans (Raghu *et al.*, 2021).

Per a una protecció de la propietat intel·lectual i dels recursos genètics més justa

Una de les grans preocupacions de Pamela Ronald ha estat precisament com fer arribar a la població desfavorida els fruits de la seva investigació. Aquest és un tema complicat, atès que una gran part de les patents acaben sent llicenciades de manera exclusiva a empreses privades. I el que és més greu, el sector privat s'està tornant cada cop més centralitzat, amb molt poques companyies que monopolitzen tot el mercat, incloent-hi llavors, fertilitzants i pesticides. Això fa que s'hagin de buscar noves solucions per tal de fer arribar els productes de la

innovació a qui més ho necessita i aconseguir que els països d'on provenen els recursos genètics utilitzats per crear nous productes (per exemple, els gens XA21 i SUB1) també surtin beneficiats d'aquests descobriments. En aquest sentit, i arran del descobriment del gen XA21, Pamela Ronald va fundar l'any 1996 el Fons de Reconeixement de Recursos Genètics (GRRF, de l'anglès Genetic Resources Recognition Fund). Aquest fons es finança a partir dels beneficis generats de la comercialització de materials genètics provinents de països en desenvolupament. Aquests guanys es redistribueixen als països d'origen en forma de beques, projectes de formació agrària o en la conservació del territori.

L'establiment de fons com el GRRF, juntament amb la llicència de patents de manera no exclusiva, podria ajudar a garantir en alguns casos que els beneficis d'un descobriment beneficiïn els països més desfavorits sens perjudici per al sector privat, com va ser el cas de XA21. Pamela Ronald ha posat aquest debat sobre la taula i es dedica activament a buscar noves maneres d'aconseguir-ho. Tot i que el GRRF pot no ser la solució definitiva, si més no és una primera proposta de com aconseguir una distribució més justa de beneficis.

Aprendre dels errors per millorar

La carrera científica de Ronald, tot i que sembrada d'èxits i de reconeixements, també ha passat per moments difícils, als quals s'ha enfrontat de manera exemplar. L'any 2013 va decidir retractar dos articles, un d'ells publicat a *Science* (Lee *et al.*, 2009; Han *et al.*, 2011), per manca de reproductibilitat dels resultats. Van ser membres del seu mateix grup els que la van alertar del fet, la qual cosa la va portar a iniciar un procés de verificació de tots els materials del laboratori per esbrinar l'origen del problema. Aquest procés, que va ocupar l'equip durant més d'un any, els va permetre descobrir els errors que havien donat lloc a aquells resultats irreproduïbles. Per una banda, s'havia produït una confusió en la retolació dels tubs i, per l'altra, un dels experiments era molt més variable del que havien pensat inicialment. Ronald va ser totalment transparent, fent públic el que havia succeït davant de la comunitat científica i amb els mitjans de comunicació. Per ella, l'ètica i el rigor científics sempre han estat una de les màximes prioritats. Per aquest motiu, va voler aprofitar aquest fet, que ella descriu com el més dolorós de la seva carrera, per canviar les pràctiques dins el seu laboratori, establint molts més punts de control i, d'al-

tra banda, compartint obertament la seva història per alertar altres investigadors de com evitar aquest problema, cada cop més comú en el món científic (Ronald, 2013; Gewin, 2014).

L'agricultura sostenible

Un dels llegats més importants que ens deixa Pamela Ronald és, sens dubte, el del seu concepte d'agricultura sostenible, que combina les pràctiques agrícoles ecològiques amb l'enginyeria genètica. Aquests són dos conceptes que la societat sovint considera oposats, però no ho han de ser necessàriament; és més, l'enginyeria genètica pot compartir objectius amb l'agricultura ecològica i fer-ne més eficient la consecució. Segons Ronald, l'objectiu comú és aconseguir una agricultura sostenible, és a dir: 1) que proporcioni aliments abundants, segurs i nutritius; 2) que redueixi les emissions nocives al medi ambient, així com l'ús d'energia i l'efecte d'hivernacle; 3) que augmenti la fertilitat del sòl i en redueixi l'erosió; 4) que millori la diversitat genètica dels cultius; 5) que mantingui la viabilitat econòmica dels agricultors i les comunitats rurals; 6) que protegeixi la biodiversitat, i 7) que millori la qualitat de vida dels pobres i malnodrits (figura 2). Pamela Ronald ha fet una colossal tasca de divulgació per tal de fer arribar a tothom el missatge que per aconseguir una agricultura sostenible hem de passar per una nova revolució que combini el millor

de l'agricultura ecològica i les noves tecnologies, incloent-hi l'edició gènica quan sigui necessària. En aquesta labor ha unit esforços amb el seu marit, Raoul Adamchak, un agricultor ecològic que imparteix classes a la Universitat de Califòrnia a Davis sobre aquest tema. Junts estan ajudant a generar un nou corrent de pensament entorn de l'agricultura sostenible, impartint nombroses conferències per tot el món i també gràcies al llibre *Tomorrow's table*, escrit conjuntament (Ronald i Adamchak, 2008).

Malauradament, el debat sobre les plantes modificades transgènicament ha anat degenerant a causa de barrejar dos assumptes que s'han de tractar per separat. D'una banda, el fet de si és segur menjar vegetals que hagin estat modificats genèticament. De l'altra, si el model actual, en què unes poques empreses controlen el mercat de llavors transgèniques i els productes associats al seu conreu, és just. El típic discurs ambientalista combat indistintament aquests dos temes, posant-los en un sol sac i oposant-se radicalment als transgènics. Això ha estat molt nociu a tots els nivells, ha generat desinformació i ha arribat a impedir que els països que més ho necessiten puguin arribar-se a beneficiar d'aquesta tecnologia. Menjar plantes transgèniques és, com a mínim, tan segur com menjar plantes obtingudes mitjançant l'agricultura tradicional, en què s'utilitzen tèc-



↑ Figura 2. Agricultura sostenible a Vietnam, on els pagesos conreen diversos cultius en un espai reduït. *Wikipedia*, fotografia de Dennis Jarvis, <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Agriculture_in_Vietnam_with_farmers.jpg>, sota llicència Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 Generic <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.en>> (consulta: 7 desembre 2022).

niques més invasives i menys controlades per generar variabilitat. Tampoc no hi ha evidències científiques que alimentar-se amb productes ecològics sigui més saludable per a l'home; seria, sens dubte, més sostenible per al planeta si es pogués augmentar la producció dels conreus ecològics i fer-los assequibles per a tot hom. D'altra banda, els cultius modificats genèticament han ajudat a solucionar problemes

per als quals l'agricultura tradicional i l'ecològica no tenien resposta, com és, per exemple, el cas del virus de la papaia, entre d'altres.

Preocupada per les demandes alimentàries derivades de l'augment de la població projectat mundialment, Ronald és conscient que els països desenvolupats tenim una gran responsabilitat de cara a ajudar a buscar solucions i evitar conflictes derivats de la manca d'ali-

ments en països pobres. En aquest sentit, Ronald agafa el relleu ideològic de Rachel Carson (1907-1964), biòloga estatunidenca, mare d'un ambientalisme que advoca per utilitzar la ciència com a base del canvi real en les pràctiques agrícoles, que han de ser menys perjudicials per al medi ambient i els humans, però suficientment productives per alimentar a tot hom.

Bibliografia

- ERCOLI, M. F. [et al.] (2022). «Plant immunity: Rice XA21-mediated resistance to bacterial infection». *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 119 (8): e2121568119.
- GEWIN, V. (2014). «Retractions: A clean slate». *Nature*, 507 (7492): 389-391.
- HAN, S. W. [et al.] (2011). «Small protein-mediated quorum sensing in a Gram-negative bacterium». *PLoS One*, 6 (12): e29192. [Retractat]
- KHUSH, G. S. [et al.] (1990). «A new gene for resistance to bacterial blight from *O. longistaminata*». *Rice Genet. Newslett.*, 7: 121-122.
- LEE, S. W. [et al.] (2009). «A type I-secreted, sulfated peptide triggers XA21-mediated innate immunity». *Science*, 326 (5954): 850-853. [Retractat]
- PRUITT, R. N. [et al.] (2015). «The rice immune receptor XA21 recognizes a tyrosine-sulfated protein from a Gram-negative bacterium». *Sci. Adv.*, 1 (6): e1500245.
- RAGHU, P. T. [et al.] (2021). «Smallholder adaptation to flood risks: Adoption and impact of Swarna-Sub1 in Eastern India». International Association of Agricultural Economists. Virtual 315867.
- RONALD, P. C. (2013). «Lab life: The anatomy of a retraction». *Scientific American* [en línia] (10 octubre). <<https://blogs.scientificamerican.com/food-matters/lab-life-the-anatomy-of-a-retraction/>> [Consulta: 7 desembre 2022].
- RONALD, P. C. [et al.] (1992a). «Genetic and physical analysis of the rice bacterial blight disease resistance locus, Xa21». *Mol. Gen. Genet.*, 236 (1): 113-120.
- (1992b). «The cloned avirulence gene *avrPto* induces disease resistance in tomato cultivars containing the *Pto* resistance gene». *J. Bacteriol.*, 174 (5): 1604-1611.
- RONALD, P. C.; ADAMCHAK, R. W. (2008). *Tomorrow's table: Organic farming, genetics, and the future of food*. Nova York: Oxford Academic. ISBN 0195301757.
- RONALD, P. C.; TASKAWICZ, B. J. (1988). «The avirulence gene *avrBs1* from *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* encodes a 50-kD protein». *Mol. Plant. Microbe Interact.*, 1 (5): 191-198.
- RONALD, R. (1997). *Last train to freedom: A story of a Holocaust survivor's travels to America*. Califòrnia: Ronald R. ISBN 9780966067705.
- SONG, W. Y. [et al.] (1995). «A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, Xa21». *Science* [en línia], 270 (5243): 1804-1806. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.270.5243.1804>>.
- UNITED NATIONS. DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. POPULATION DIVISION (2022). *2022 Revision of world population prospects* [en línia]. <<https://population.un.org/wpp/>> [Consulta: 10 octubre 2022].
- XU, K. [et al.] (2006). «*Sub1A* is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice». *Nature*, 442: 705-708.
- XU, K.; MACKILL, D. J. (1996). «A major locus for submergence tolerance mapped on rice chromosome 9». *Mol. Breed.*, 2: 219-224.
- YONG, E. (2013). «Mislabelled Microbes Cause Two Retractions». *The Scientist* [en línia] (10 octubre). <<https://www.the-scientist.com/daily-news/mislabelled-microbes-cause-two-retractions-38570>> [Consulta: 10 octubre 2022].