MONOGRÀFIC
MÈTODE SCIENCE STUDIES JOURNAL (2019). Universitat de València.
DOI: 10.7203/metode.9.12546
Article rebut: 01/06/2018, acceptat: 15/10/2018.

L'AGRICULTURA DEL FUTUR

CIÈNCIA I TECNOLOGIA PER AL DESENVOLUPAMENT AGRÍCOLA SOSTENIBLE

PERE ARÚS

Assegurar l'alimentació d'una població humana creixent, amb criteris de sostenibilitat i davant l'amenaça del canvi climàtic són els reptes principals de l'agricultura del segle XXI. Les solucions són necessàriament complexes i requereixen mesures diverses i coordinades que depenen, com a factors clau, del progrés de la ciència i del desenvolupament de tecnologies que ens permetin fer un ús més eficient dels recursos disponibles, augmentant les collites i proporcionant la qualitat alimentària adequada per nodrir el món. Les tecnologies com la genòmica, la informàtica, la robòtica i la nanotecnologia i la seva correcta aplicació, que demandarà uns usuaris altament qualificats allí on calgui, seran també elements crucials per a aconseguir aquests objectius.

Paraules clau: agricultura, seguretat alimentària, sostenibilitat, canvi climàtic.

INTRODUCCIÓ

Fa 12.000 anys, al Creixent Fèrtil de l'Orient Mitjà va néixer un projecte que havia de canviar del tot la humanitat. Alguns grups de caçadors-recol·lectors van iniciar els seus primers experiments amb una nova tecnologia, l'agricultura, que els portaria a abandonar els seus hàbits nòmades i aprofitar d'una manera molt més eficient l'energia solar que les plantes capten i fan servir per al seu creixement i reproducció. L'agricultura va anar guanyant terreny amb lentitud –tardà més de 5.000 anys a imposar-se com a activitat principal de les poblacions humanes a Europa– però ho va fer amb força, perquè la seva implantació suposava un augment de la capacitat demogràfica, organitzativa, militar i tecnològica d'aquells que la practicaven (Morris, 2014). La conseqüència més evident d'això és que l'agricultura ha estat la causa essencial que la població del món hagi passat de menys de 6 milions de persones fa dotze mil·lennis als més de 7.600 milions actuals.

Més tard, l'agricultura va sorgir independentment en altres centres del món, però ho feu sempre a partir de la domesticació –entre el reduït nombre d'espècies potencialment domesticables– d'alguns animals i plantes, diferents en cada centre, que tenien les propietats nutritives imprescindibles per a poder mantenir una població sedentària i creixent, i que alhora permetien també guardar i intercanviar l'excedent de la recol·lecció agrària quan aquest es produïa. Aquestes plantes foren alguns cereals i llegums com a font primordial d'hidrats de carboni i proteïnes i diversos animals que completaven i enriquien la dieta al mateix temps que proporcionaven la força per a realitzar l'activitat agrària: llaurar la terra, moure l'aigua, transportar els productes de la collita, moldre el gra, etc. (Diamond, 1997). L'agricultura va incorporar a l'estil de vida humà altres ingredients de valor més discutible, com l'amuntegament de persones i animals en condicions sovint poc saludables o una degradació creixent del medi ambient.

> «GARANTIR LA SEGURETAT ALIMENTÀRIA ÉS UN DELS REPTES DE L'AGRICULTURA QUAN S'ESPERA QUE LA POBLACIÓ HUMANA ARRIBI ALS 9.000 MILIONS D'AQUÍ A TRENTA ANYS»

Al principi de la revolució industrial i amb la millor comprensió de la natura que permeteren descobriments científics cabdals, l'activitat agrària va experimentar canvis tecnològics enormes. L'ús de les energies fòssils implicà que la força animal, inclosa la humana, fos progressivament substituïda per maquinària autopropulsada, el que va reduir dràsticament el nombre de persones necessàries per alimentar

la població i va proporcionar la força de treball que calia a la naixent indústria que va poblar les ciutats. L'any 2008 ja hi havia més persones al medi urbà que al rural, i aquesta és una tendència en alça que se situarà previsiblement en el 66 % el 2050, quan havia estat del 34 % el 1960.

ELS REPTES DE L'AGRICULTURA

El primer dels tres reptes de l'agricultura que em semblen principals consisteix a garantir la seguretat alimentària al món quan s'espera que la població humana arribi als 9.000 milions d'aquí a trenta anys. Actualment l'agricultura proporciona suficients aliments per nodrir tota la humanitat –són altres les causes de la malnutrició d'uns mil milions de persones– però caldria que el 2050 es produís entre un 60 % i un 110% més que el 2006 (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016; Ray, Mueller, West i Foley, 2013). Això significa que, almenys en els conreus que són la base de la producció de calories i proteïnes (blat de moro, arròs, blat i soja, com a més representatius), la producció hauria de pujar al voltant del 2,4 % anual, uns objectius poc probables, ja que el creixement mitjà ha estat molt per sota (0,9-1,6 %) en els darrers vint anys (Ray et al., 2013).

Addicionalment, cal millorar la qualitat de l'alimentació humana, no sols amb una aportació calòrica suficient, sinó proporcionant una dieta variada i equilibrada, la disponibilitat de la qual no està tampoc garantida. Un altre element que empitjora el problema és el creixement de la demanda de productes carnis, impulsada per la millora de la capacitat adquisitiva d'una part dels habitants del planeta. Això representa una minva addicional en l'eficiència de la producció alimentària, ja que la producció de carn és molt més ineficient que la de gra: per exemple, un kilogram de carn de vacum demanda uns 30 kg de gra, i un gram de proteïna de vacum, de fet, necessita una despesa de 112 litres d'aigua; en canvi, només en calen 21 litres per a un gram de proteïna de cereal (Foley, 2011; Mekonnen i Hoekstra, 2012).

El segon repte és que la producció agrària s'ha de fer amb criteris de sostenibilitat. La superfície agrícola conreada és actualment d'un 38 % de la superfície terrestre total (excloses Grenlàndia i l'Antàrtica). Aquesta dada per ella mateixa dona idea del trasbals que l'agricultura ha representat per al medi ambient, superior al de qualsevol altra de les activitats humanes. Si bé la superfície cultivada pot augmentar, no sembla previsible que ho faci gaire en el futur, com es pot deduir del fet que en els darrers vint anys només hagi crescut un 3 % (Foley et al., 2011). El cost de la incorporació de nova superfície pot ser des del punt de vista ambiental i econòmic massa alt per a treure'n un rendiment útil, i la incorporació de nova terra cultivable queda compensada en part pel creixement urbà –sovint en les millors terres cultivables– o el dels conreus destinats a productes no alimentaris, com la producció de bioenergia. Només un 62 % de la producció agrícola és per al consum humà, el 35 % està destinat als animals domèstics i un 3 % per a la producció de biocarburants (Foley et al., 2011).

USDA / Preston Keres

Entre els elements essencials per a la sostenibilitat del medi agrícola hi trobem la qualitat de l'aigua i el sòl i el manteniment de la biodiversitat. La seva importància s'ha començat a valorar només recentment, quan s'ha acceptat l'evidència de la finitud del món i la necessitat d'usar i reciclar els recursos disponibles amb criteris de manteniment de la seva qualitat. L'aigua és un element indispensable per al creixement de les plan-

USDA / Preston Keres

Un terç de la producció agrícola es destina al bestiar i als animals domèstics. L'augment de la demanda de productes carnis produeix una necessitat de creixement de la producció agrícola. Un gram de proteïna de vacum necessita una despesa de 112 litres d'aigua; mentre que, només en calen 21 litres per a un gram de proteïna de cereal, el que fa que la producció de carn sigui molt més ineficient que la de gra.

L'agricultura va sorgir a partir de la domesticació de determinades plantes, com els cereals i els llegums, que tenien propietats nutritives per a poder mantenir una població sedentària i creixent, i que permetien guardar i intercanviar l'excedent de les collites.

«NOMÉS UN 62 % DE LA PRODUCCIÓ AGRÍCOLA ÉS PER AL CONSUM HUMÀ, EL 35 % ÉS PER ALS ANIMALS DOMÈSTICS I UN 3 % PER A LA PRODUCCIÓ DE BIOCARBURANTS»

USDA / Preston Keres

tes i la seva distribució al planeta és irregular, amb zones on la disponibilitat per a l'agricultura és òptima o, molt més freqüentment, d'altres en les quals és excessiva o escassa. Sovint és l'element que determina si es pot o no fer agricultura i quin tipus d'agricultura es pot fer. Més del 70 % de l'aigua dolça disponible es dedica al reg dels conreus i, per bé que és un element que es recicla, el seu mal ús pot dur a problemes majors. Un d'aquests és la contaminació de l'aigua, que, a part de fer malbé els sòls, inutilitzar els aqüífers i contaminar zones vitals com les desembocadures dels rius, pot arribar fins al mar i reduir dràsticament la biodiversitat i fer difícil o impossible la pràctica d'un altra activitat important de generació d'aliments com és la pesca.

Una part dels contaminants de l'aigua i el sòl són els mateixos que emprem per millorar els rendiments dels conreus: els fitosanitaris (insecticides, fungicides, herbicides, antibiòtics) i els adobs minerals i orgànics. Els primers controlen les plagues, malalties i males herbes, que causen greus pèrdues en la producció agrícola, però n'hi ha molts que són tòxics per a flora i fauna diferent d'aquella que intenten controlar i posen en risc la biodiversitat agrícola en primera instància, així com la d'altres ecosistemes quan són traslladats allí per l'aigua, el sòl o l'aire. Els adobs permeten que la planta disposi amb facilitat dels elements que ha d'extreure del sòl (nitrogen, potassi i fòsfor com a més importants), i creen un medi físic adequat per al desenvolupament de les arrels que du a un creixement vigorós i a una bona collita. Actualment s'estima que al voltant de la meitat dels adobs inorgànics no són aprofitats per les plantes a les quals van dirigits i queden retinguts al sòl o són desplaçats a altres ecosistemes (Foley, 2011).

La biodiversitat és un altre element crucial per a l'existència i manteniment de la vida. També és essencial per al mateix desenvolupament de l'agricultura: les estratègies convencionals per a crear varietats millorades depenen primordialment de la variació natural disponible als gens de l'espècie conreada o espècies properes, a més de la que es pugui generar amb la mutagènesi artificial –molt poca fins ara– i de la creació de noves combinacions de gens amb la hibridació i recombinació. El disseny de mètodes de conreu més productius depèn també de la diversitat de la flora i fauna del sòl, de la relació entre els insectes, fongs i bacteris que interaccionen amb els conreus, amb el seus predadors i simbionts, etc. La destrucció de la biodiversitat a la Terra no tan sols seria un impediment al progrés de

l'agricultura, sinó que duria a desequilibris que podrien fer inviable la vida de molts organismes que l'habiten, inclosos nosaltres, o com a mínim a la pèrdua d'alguns dels seus ecosistemes i bellesa paisatgística que farien del món un lloc molt menys interessant per viure.

El tercer repte crucial és el canvi climàtic, produït per alteracions recents en la composició de l'atmosfera. El creixement de la concentració d'anhídrid carbònic, metà i òxid nitrós, entre altres gasos, és responsable de l'efecte hivernacle que produeix l'augment de la temperatura de l'aire. L'ús d'energies fòssils és una de les principals causes de la generació d'aquests gasos, com ho demostra el fet que el sector de l'energia n'és el principal emissor (47 %), així com el del transport (11 %). No obstant això, l'agricultura i el forest en generen directament una part important (21 %) que podria arribar al 30 % si consideréssim tots els elements implicats (indústria alimentària i transport, entre altres) (FAO, 2016). L'agricultura produeix aquests gasos principalment per la desforestació, la producció animal i la gestió del sòl i els seus nutrients, particularment els adobs orgànics d'origen animal.

Els efectes del canvi climàtic ja s'han començat a sentir al món, especialment en les zones tropicals com el sud-est d'Àsia i l'Àfrica subsahariana, on s'han produït esdeveniments climàtics extrems com llargues sequeres i inundacions que determinen una creixent inestabilitat en la disponibilitat d'aliments en aquestes poblacions, ja especialment castigades per la fam i la malnutrició. Les previsions indiquen que la producció agrícola global es mantindrà fins a l'any 2030, però que en les següents dècades minvarà d'una manera més o menys dràstica en funció de models amb diversos graus d'optimisme respecte a les nostres capacitats de reduir l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i de mitigar o adaptar-nos als seus efectes. En qualsevol cas, es considera que seria un bon objectiu no excedir d'1,5 °C l'augment mitjà de la temperatura global per a evitar problemes majors per a la humanitat, el que no es pot fer sense canvis substancials en els sectors causants del problema, agricultura inclosa (FAO, 2016).

USDA / Preston Keres

La biodiversitat és un element crucial per a l'existència i manteniment de la vida, i també per al desenvolupament de l'agricultura. El disseny de mètodes de conreu més productius depèn de la diversitat de la flora i la fauna; per tant, també de la relació entre insectes, fongs i bacteris.

«LA DESTRUCCIÓ DE LA BIODIVERSITAT A LA TERRA NO TAN SOLS SERIA UN IMPEDIMENT AL PROGRÉS DE L'AGRICULTURA, SINÓ QUE DURIA A DESEQUILIBRIS QUE PODRIEN FER INVIABLE LA VIDA DE MOLTS ORGANISMES QUE L'HABITEN, INCLOSOS NOSALTRES»

EL PAPER DE LA CIÈNCIA I LA TECNOLOGIA

Pot l'agricultura fer front a aquests reptes? O el món va cap a un creixent dèficit d'aliments que probablement ens durà a un període de fam, migracions i desgovern progressiu? No hi ha una resposta clara, per bé

USDA / Preston Keres

Els efectes del canvi climàtic ja s'han començat a sentir en moltes zones a través d'esdeveniments climàtics extrems, com ara llargues sequeres i inundacions. En la imatge, efectes de la sequera en un camp de blat de moro a Texas (EUA) en 2013.

que aquesta mateixa pregunta ja ens l'hem feta en el passat i afortunadament hem trobat respostes, moltes d'imprevistes i totes relacionades amb el progrés de la ciència i la tecnologia. Aquest fou el cas de les apocalíptiques prediccions de Malthus sobre el futur de la població humana a finals del segle XVIII, que no es van arribar a concretar gràcies al progrés de l'agronomia i la genètica dels conreus en diferents aspectes, com l'ús dels fertilitzants i plaguicides i el desenvolupament de la millora genètica a partir de la comprensió de les lleis bàsiques de l'herència, que van permetre la revolució verda.

El creixement dels coneixements científics continua essent exponencial i aquestes darreres dècades han estat una explosió de resultats i canvis de paradigma en molts aspectes. Sembla que el segle XXI continuarà en la mateixa línia i, tot i que la nostra comprensió de la biologia de plantes i animals –que és la base de l'agricultura– és més gran, les noves descobertes continuen generant més preguntes que respostes. Una part substancial del nou coneixement ha vingut i vindrà de la interacció entre la biologia i altres àrees científiques noves o antigues, el que fa cada vegada més necessaris els enfocaments multidisciplinaris de la recerca. Els avenços científics porten a les innovacions tecnològiques, que són les que faran canviar l'agricultura en els anys propers. Algunes d'aquestes tecnologies es descriuen a continuació.

Genòmica

Acabem de seqüenciar l'ADN del genoma complet de moltes espècies, però només som capaços d'interpretar una mínima part del missatge genètic. La seqüència de l'ADN és la base del funcionament dels organismes vius i la matèria primera de la seva diversitat, el que fa que el seu estudi d'aquesta matèria continuï previsiblement centrant el treball científic de les properes dècades. Els avenços en aquest camp han permès el desenvolupament de tecnologies per a la modificació de l'ADN, que s'iniciaren amb l'obtenció de les primeres plantes transgèniques aviat farà quatre dècades. Els conreus transgènics ocupen gairebé 190 milions d'hectàrees (International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, 2017), un 12 % de la superfície agrícola total, però han creat un rebuig social en algunes parts del món, notablement a Europa. Les noves i potents eines d'edició gènica substituiran probablement els transgènics perquè permeten una mutagènesi dirigida amb la qual es poden modificar els gens amb precisió i resulten en plantes o animals que no contenen altres gens que els propis. El debat sobre aquestes tecnologies té un fort component ideològic, però l'evidència científica actual és que no presenten per elles mateixes riscos clars per a la salut humana o el medi ambient. Seria desitjable que els dubtes actuals sobre el seu ús s'esvaïssin, perquè no podem permetre'ns descartar tecnologies potencialment resolutives quan necessitem totes les eines al nostre abast per superar els reptes que afrontem.

La seqüenciació d'alta eficiència i barata fa possible la caracterització d'una nova variable ambiental fins ara ignorada: el microbioma del sòl, l'aigua, l'aire, el rumen, etc., amb conseqüències que duran a una major comprensió i control del medi on viuen plantes i animals i la seva relació amb el genotip. Elements nous, com el paper de les seqüències no codificants al genoma, inclosos els transposons, o que recentment han

adquirit més rellevància com l'epigenètica, obren interrogants addicionals a resoldre, que trenquen o modifiquen els conceptes actualment acceptats i tindran conseqüències aplicades. Finalment, el fenotipatge d'alt rendiment, que utilitza elements informàtics i robòtics de darrera generació, permet establir d'una manera molt més fina la connexió genotip-fenotip i avançar en la predicció precoç del fenotip usant la seqüència d'ADN.

Informàtica

La cerca, emmagatzemament, visualització i integració de dades de molt diversa índole (*big data*) relacionades amb l'activitat agrària, i la seva accessibilitat al nivell de la parcel·la cultivada obre enormes possibilitats per a una gestió molt més eficient del conreu, centrada a conèixer les necessitats de cada planta en el que s'anomena «agricultura de precisió». El resultat és un ús més acurat dels *inputs* essencials (varietats, aigua, fertilitzants, mitjans de control sanitari, etc.), assegurant al mateix temps una producció més elevada. Addicionalment, el disseny, assaig i refinament de models predictius de l'evolució del conreu o del fenotip en funció de dades genotípiques i ambientals resultarà en eines informàtiques d'ajut a la presa de decisions que ja comencen a ser útils per als pagesos i milloradors.

Robòtica

La mecanització de l'agricultura ha de continuar a partir del desenvolupament i construcció de maquinària per a l'agricultura i ramaderia de precisió, el processament d'aliments, la mesura dels components essencials de l'heterogeneïtat del medi, o dels aliments bàsics i processats, amb l'objectiu de corregir possibles deficiències, millorar la higiene alimentària i augmentar el rendiment, qualitat i sanitat de la producció, emmagatzematge, etc. (King, 2017). El fenotipat d'alt rendiment esmentat abans es basa en bona part en la robotització de les operacions bàsiques i en la integració d'altres elements, com els derivats dels avanços en la tecnologia d'imatges digitals i l'ús de drons per capturar imatges detallades en els moments adequats.

Nanotecnologia

Hi ha un conjunt d'aplicacions d'aquesta tecnologia en agricultura amb gran potencial (Fraceto et al., 2016), entre altres: la formulació de pesticides basats en nanomaterials per al control de plagues i malalties, l'ús de nanopartícules per a la dosificació lenta de nutrients i aigua a les plantes, la millora de la qualitat del sòl, el desenvolupament de biosensors per mesurar l'estat hídric o nutricional de les plantes necessari per a l'agri-

Pepa Granados

USDA / Neil Palmer

Els avenços científics, com en el camp de la genòmica, produiran canvis en l'agricultura en els pròxims anys. El debat sobre les noves eines d'edició gènica té un fort component ideològic, però l'evidència científica actual és que no presenten per elles mateixes riscos clars per a la salut humana o el medi ambient.

«NO PODEM PERMETRE'NS DESCARTAR TECNOLOGIES POTENCIALMENT RESOLUTIVES QUAN NECESSITEM TOTES LES EINES AL NOSTRE ABAST PER SUPERAR ELS REPTES QUE AFRONTEM»

UPV

La informàtica i la robòtica obren noves possibilitats per a la gestió eficient dels conreus. En la imatge, un robot desenvolupat per la Universitat Politècnica de València que monitoritza paràmetres de les vinyes com ara la disponibilitat d'aigua, la temperatura de les fulles o el vigor de la planta.

cultura de precisió, la transferència de gens o ADN per la via de les micropartícules, i l'ús de nanopartícules en l'extensió de la vida postcollita de fruits i llegums i en la qualitat dels aliments en general.

CONCLUSIÓ

Per encarar els reptes immediats de l'agricultura no hi ha fórmules senzilles. Les accions que cal emprendre són totes complexes i requereixen que es posen en pràctica conjuntament i coordinada entre diverses àrees que inclouen la política, la sociologia, l'economia, la tecnologia, l'educació, etc. Entre altres, aquestes accions haurien d'implicar: l'augment de la productivitat agrícola, pensant que hi ha un gran marge de millora en l'objectiu d'acostar el rendiment de les zones del món on la producció és més baixa cap a aquelles que la tenen més alta, a més de millorar el rendiment dels conreus en regions on aquest ja és elevat; la finalització de l'expansió de l'agricultura, especialment la desforestació de les selves tropicals i les sabanes; produir més amb menys, és a dir, treure el màxim rendiment de collita de cada unitat d'aigua, fertilitzants i energia; anar cap a dietes amb menys proteïna animal, amb fonts proteiques animals d'alta eficiència de conversió o amb proteïnes de síntesi; reduir el malbaratament del menjar que es produeix, sigui a l'explotació agrària, al supermercat o a casa del consumidor final. Serà també important que aquest consumidor pugui accedir a informació objectiva i normalitzada i que pugui saber si l'aliment que compra s'ha produït seguint uns criteris de sostenibilitat concrets, lluny d'etiquetes imprecises com l'agricultura «ecològica» o els productes «de proximitat».

Per això caldrà sens dubte reforçar i orientar la recerca en els àmbits científics adients, tenint en compte que la tecnologia que en resulti requerirà uns usuaris amb un nivell de formació alt. Ja que un dels aspectes crítics és l'augment de la productivitat en els països en desenvolupament i que les solucions s'hauran d'aplicar respectant l'estructura social de les comunitats d'origen, la formació dels pagesos serà un element crucial per a l'èxit d'aquest objectiu. Aquest és un repte veritablement difícil, que requerirà inversions importants i polítiques fetes a mida per a cada cas, de les quals dependrà al final que sigui possible el manteniment d'una nombrosa població humana i superar les xacres de la fam i la malnutrició.

REFERÈNCIES

Diamond, J. (1997). *Guns, germs and steel: The fates of human societies*. Nova York: Norton.

Foley, J. A. (2011). Can we feed the world and sustain the planet? *Scientific American*, *305*(5), 60–65.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, *478*, 337–342. doi: 10.1038/nature10452

Food and Agriculture Organization. (2016). *The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security*. Roma: Food an Agriculture Organitzation of the United Nations.

Fraceto, L. F., Grillo, R., De Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in agriculture: Which innovation potential does it have? *Frontiers in Environmental Science*, *4*. doi: 10.3389/fenvs.2016.00020

International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications. (2017). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017. *ISAAA Briefs*, *43*. Consultat en http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf

King, A. (2017). Technology: The future of agriculture. *Nature*, *544*, 21–23. doi: 10.1038/544S21a

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, *15*(3), 401–405. doi: 10.1007/S10021-011-9517-8

Morris, I. (2014). *Why the West rules... for now?* Nova York: Farrar Strauss & Giroux.

Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLOS ONE*, *8*(6), e66428. doi: 10.1371/journal.pone.0066428

Pere Arús. Investigador de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) a Caldes de Montbui (Barcelona, Espanya). És enginyer agrònom per la Universitat de València i doctor en Genètica per la Universitat de Califòrnia, Davis. Expert en genètica de poblacions, evolució de conreus i millora genètica, en la qual s'ha especialitzat en l'ús de marcadors moleculars i altres eines genòmiques en la genètica i millora de fruiters i hortalisses. És autor de més de 200 articles científics. Ha estat director científic de l'IRTA i sotsdirector del Centre de Recerca en Agrigenòmica (CRAG). ✉ pere.arus@irta.cat