

# D'AGRICULTORES A BIOENGINYERES

## Sembrant gens, collint molècules

DIEGO ORZÁEZ

L'agricultura del segle XXI s'enfronta a grans reptes als quals és necessari respondre de manera urgent. En l'última dècada s'han desenvolupat noves tecnologies de millora genètica que poden contribuir a afrontar aquests reptes. Aquestes tecnologies no són només més precises i eficients, sinó també més senzilles i accessibles, la qual cosa facilitarà una progressiva democratització de la biotecnologia agrària. En aquest article analitzem el desenvolupament de l'agricultura del futur sota les premisses d'una democratització tecnològica i una relaxació reguladora. En aquest escenari caldria esperar un augment de la diversitat de varietats i espècies cultivades, un fort desenvolupament de cultius biofactoria i, a més llarg termini, l'aparició de cultius intel·ligents amb capacitats augmentades.

Paraules clau: noves tecnologies de millora, edició genètica, biologia sintètica, plantes biofactoria.

### ■ INTRODUCCIÓ

Els ciutadans dels països desenvolupats tendim a considerar que el subministrament d'aliments està garantit amb el nivell tecnològic actual, i subestimem així la importància estratègica de la biotecnologia agrària (Figura 1). No obstant això, aquesta posició no pot estar més allunyada de la realitat. Segons l'últim informe sobre el futur de l'agricultura de la FAO, l'Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura (FAO, 2018), la població creixerà fins a arribar als 10.000 milions d'habitants en 2050, la qual cosa comportarà un augment de les terres cultivades i el descens consegüent de la superfície forestal. Al mateix temps, el canvi climàtic amenaça de reduir la productivitat dels nostres cultius. Noves plagues posen en risc les nostres plantes, afavorides pel flux de mercaderies i per unes condicions climàtiques més apropiades per al seu desenvolupament. Al seu torn, la lluita contra aquestes plagues emergents obligarà a incrementar l'ús de fitosanitaris, amb la generació consegüent de residus de possible toxicitat. En aquest context de pressions demogràfiques i mediambientals, la millora dels nostres sistemes de producció

agrícola és imprescindible si volem aconseguir un futur sostenible.

Una de les estratègies més eficients de què disposem per a enfrontar aquests reptes és la millora genètica, que consisteix a equipar els nostres cultius amb mecanismes genètics propis que els defensen de les noves amenaces sense necessitat de l'ús d'agents externs.

Aprofundir en la millora genètica enfocada cap a factors de sostenibilitat, com la resistència genètica a plagues i malalties, resiliència i adaptació a salinitat, sequera, altes temperatures, etc., és un dels majors reptes de futur que té la biotecnologia vegetal. No obstant això, igual com va ocórrer en el passat en altres àmbits tecnològics, el model de desenvolupament agrobiotecnològic del futur depen-

**«La millora genètica consisteix a equiparar els nostres cultius amb mecanismes genètics propis que els defensen de les noves amenaces»**

drà en gran part de com perceba la societat les noves tecnologies de millora vegetal. Repassem com a exemple l'evolució de la informàtica i les telecomunicacions. En el segle passat, la computació va començar sent una tecnologia profundament elitista monopolitzada per estats i grans empreses, que generava desconfiança entre la població. Tot això va canviar radicalment amb la democratització que va representar l'aparició de l'ordi-

nador personal, que al seu torn va ser possible gràcies a l'abaratiment de la tecnologia de la mà de l'estandarització dels components electrònics.

Fins avui la biotecnologia agrària s'ha conduït també com una tecnologia elitista, i un reflex d'això és l'escàs nombre de companyies que concentren la major part de la producció de llavors al món (Figura 2). Com veurem a continuació, les noves tecnologies de millora, unides a l'ingent corpus de coneixement generat en les últimes dècades per disciplines com la genòmica i la fisiologia vegetal, ens situen en una posició tecnològica que permetria un salt de «democratització» similar al que va tenir lloc amb l'ordinador personal. No obstant això, el fet que es donen les condicions tecnològiques idònies no assegura que aquesta transició tinga lloc. Tot dependrà de com es perceba, s'accepte i eventualment s'incorpore en les nostres societats la tecnologia.

La situació pot oscil·lar des d'un escenari ultraconservador, amb un rebuig frontal a les noves tecnologies, fins a l'escenari ultraliberal que prescindeix quasi totalment de qualsevol regulació. És raonable esperar que cap dels escenaris extrems tinga lloc, però fins i tot evitant les posicions extremes, petites diferències de tractament de les barreres reguladores poden donar lloc a resultats completament diferents. Una posició més restrictiva, basada en una aplicació rigorosa del principi de precaució, generarà dificultats al desenvolupament tecnològic franquejables només per uns pocs actors amb capacitat financera suficient per a superar les barreres de desregulació. Tindrem llavors la biotecnologia d'uns pocs. En canvi, un escenari amb una regulació més accessible podria estimular la creativitat, la competència i afavorir l'aparició d'un nombre major d'actors, incloent-hi aquells que actuen en àrees rurals, sense que això afecte la seguretat alimentària o mediambiental.

A continuació, examinarem quin pot ser el paisatge agroalimentari del futur suposant l'escenari més favorable per a una innovació responsable. Per a això, en primer lloc, analitzarem de quina manera algunes de les noves tecnologies facilitadores han col·locat la millora genètica agrària en el punt d'inflexió en què es troba en l'actualitat, per a després imaginar de quina manera aquestes tecnologies, en un context favorable per a la innovació, donarien lloc a les plantes del futur.

## ■ NOVES EINES DE MILLORA

La millora genètica consisteix a modificar algunes de les instruccions genètiques contingudes en el genoma d'una espècie per a adaptar-la a les nostres necessitats. Els humans hem anat modificant el genoma dels nostres cultius des del neolític, seleccionant aquelles mutacions que per atzar resulten més beneficioses. No obstant això, fins



NIRD

al segle passat la nostra capacitat de generar canvis genètics estava limitada a l'aparició de mutacions espontànies. Més recentment, la millora assistida per marcadors ha permès accelerar la incorporació als nostres cultius de mutacions provinents de genomes d'altres varietats o espècies relacionades.

Per la seua banda, les tècniques de mutagènesi química i per radiació han facilitat la ràpida generació de nova variabilitat genètica per a incorporar-la als programes de millora. No obstant això, no va ser fins a començament dels vuitanta quan la transformació genètica vegetal va permetre per primera vegada transferir instruccions «de disseny», és a dir, no generades a l'atzar, al genoma d'una planta (Barton, Binns, Matzke i Chilton,



Figura 1. Als països desenvolupats, la ciutadania dona per descomptat que el subministrament d'aliments està garantit. No obstant això, les pressions demogràfiques i mediambientals apunten que hem de millorar el nostre sistema de producció agrícola per a garantir un futur sostenible.

**«Noves plagues posen en risc les nostres plantes, afavorides pel flux de mercaderies i per unes condicions climàtiques més apropiades per al seu desenvolupament»**

1983; Herrera-Estrella, Depicker, Van Montagu i Schell, 1983). Cal advertir que les plantes transgèniques que es cultiven en l'actualitat incorporen normalment només un o com a màxim uns pocs gens «de disseny» resultants de la recombinació de DNA. Una minúcia comparada amb els prop de 50.000 gens que conformen el genoma d'una planta com la soja (Schmutz et al., 2010). I malgrat això, l'impacte de la transformació genètica de plantes ha estat tal que el 75 % de la soja que es planta avui dia és portadora d'aquestes poques modificacions genètiques.

Davant d'aquesta primera generació d'eines biotecnològiques, en l'última dècada les nostres capacitats d'intervenir en els genomes han augmentat de manera radical gràcies a un conjunt de noves tecnologies entre les quals destacaré dues: la síntesi de DNA i l'edició genètica CRISPR. La síntesi de DNA ens permet escriure instruccions

**«Aprofundir en la millora genètica és un dels majors reptes de futur que té la biotecnologia vegetal»**

genètiques en un tub d'assaig. En els últims anys, la nostra capacitat de síntesi ha crescut quasi exponencialment i cada vegada som capaços d'escriure fragments de DNA més llargs amb menor cost (Wang et al., 2018). Encara que la longitud de les cadenes de DNA que es poden sintetitzar d'una sola vegada mitjançant mètodes purament químics no és il·limitada, recentment les anomenades «tècniques d'assemblatge modular» han permès crear construccions cada vegada més llargues unint fragments de DNA entre si com si de peces de Lego es tractara (Engler, Kandzia i Marillonnet, 2008; Vazquez-Vilar, Orzaez i Patron, 2018). Com a conseqüència, la nostra capacitat d'«escriure» instruccions complexes que puguin ser posteriorment transferides a la planta ha crescut enormement, no sols en quantitat sinó també en precisió, al mateix temps que s'ha reduït el preu i l'esforç que costa generar-les.

El segon gran avanç tecnològic que cal destacar és la tecnologia CRISPR d'edició genètica. De poc serveix escriure instruccions genètiques si no podem inserir-les en la pàgina correcta dins del corresponent llibre d'instruccions. Les proteïnes CRISPR/Cas9, descobertes entre altres per l'il·licità Francis Mojica (Lander, 2016; Mojica, Díez-Villaseñor, García-Martínez i Almendros, 2009), són l'equivalent en el genoma a potents progra-

mes de cerca, que ens permeten orientar-nos en l'immens llibre d'instruccions del genoma i, bé introduir petites modificacions, o bé incorporar amb precisió nova informació. La novetat de la tecnologia CRISPR és que podem incorporar la nova informació exactament en la línia triada de la pàgina desitjada, allà on una instrucció tinga el seu sentit i en cap altre lloc. És important destacar que l'edició genètica CRISPR ha resultat una tecnologia no sols enormement eficient sinó també molt assequible, la qual cosa posa tota la seua potència a l'abast dels laboratoris petits. És també fàcil inferir que la combinació d'una creixent capacitat de síntesi de DNA, amb la potència i la precisió que permeten l'edició genòmica, pot col·locar la millora genètica en el punt de partida d'una revolució tecnològica.

**«En l'última dècada les nostres capacitats d'intervenir en els genomes han augmentat de manera radical»**

#### ■ D'AGRICULTORES A BIOENGINYERES

A continuació, examinarem com poden ser les plantes del futur tenint en compte les nostres noves capacitats tecnològiques. Com s'ha descrit anteriorment, considerarem un escenari de regulació prou flexible per a no fer inviable que les adopten empreses petites i mitjanes o els seus equivalents en l'àmbit públic. Una primera conseqüència d'un escenari així seria la creació d'un nou ecosistema d'innovació associat a l'agricultura. Un dels principals problemes del sistema actual és la tendència a la uniformitat en el desenvolupament de varietats elit que substitueixen les varietats autòctones. La «democratització» de l'agrobiotecnologia facilitaria la introducció d'innovacions genètiques com ara resistències, qualitats organolèptiques o nutricionals, etc., directament sobre les varietats locals. D'aquesta manera s'acostaria el disseny genètic al productor local. En altres paraules, la «democratització» de la biotecnologia permetria el trànsit professional d'agricultores a «agricultores-bioenginyeres», o fins i tot «*biohackers*», professionals especialitzades en diferents fases del cicle productiu agrícola, des del disseny de la varietat fins a la seua producció en camp. En aquest ambient adobat per a la creativitat és on les plantes del futur ens poden donar sorpreses ben agradables. A continuació, explorem alguns exemples que expliquen com podria ser aquesta nova agricultura creativa.



HCC Public Information Office

Figura 2. Fins al moment la biotecnologia s'associa a una tecnologia elitista. No obstant això, les noves tecnologies de millora ens situen en un moment en el qual és possible realitzar un salt de «democratització», similar al que va representar l'arribada de l'ordinador personal.

CSIC-CRAG



Figura 3. En els pròxims deu anys s'espera una explosió de diversitat, tant de varietats (gràcies a la millora de varietats locals) com d'espècies cultivades.

**«Encara avui molts dels medicaments usats en la lluita contra malalties com el càncer o la malària s'extrauen de les plantes»**



Figura 4. L'espècie *Nicotiana benthamiana*, coneguda afectuosament com Benty, s'utilitza àmpliament per a produir vacunes, anticossos i nous productes que substituïsquen els antibiòtics. L'enginyeria genètica ens permet utilitzar les plantes com a bio-factories de biomolècules usades en farmàcia, medicina o cosmètica.



## ■ EXPLOSIÓ DE LA BIODIVERSITAT CULTIVADA

El canvi més immediat que caldria esperar en un horitzó de deu anys és una explosió de diversitat, tant de varietats com d'espècies (Figura 3). En primer lloc, s'ampliaria la diversitat varietal, fruit de la facilitació de la millora en varietats locals. Més a mitjà termini, caldria esperar també un augment del nombre d'espècies cultivades. En agricultura utilitzem només una part ínfima del catàleg d'espècies vegetals que existeixen en la naturalesa, ja que són poques les que es deixen domesticar mitjançant mètodes tradicionals. No obstant això, avui coneixem molts dels factors genètics que han permès la domesticació de les nostres plantes de collita i, ajudats per les noves tècniques de millora, es fa possible emprendre la domesticació de noves espècies silvestres. Així, en un exemple recent, un grup d'investigadors alemanys i brasilers van aconseguir millorar una espècie de tomaca silvestre sense valor agronòmic per mitjà de l'edició gènica de sis dels seus gens: multiplicaren per deu el nombre de fruits per planta, triplicaren la grandària i quintuplicaren

**«Els humans hem estat  
modificant el genoma dels  
nostres cultius des del neolític»**

el contingut en licopè (Khan, Zaidi, Amin i Mansoor, 2019; Zsögön et al., 2018). En certa manera, aquests investigadors van recapitular en un parell de generacions bona part del procés centenari de domesticació de la tomaca cultivada.

És previsible que processos similars es produïsquen en altres espècies silvestres o semidomesticades, moltes de les quals poden aportar major resiliència de base, o millor adaptació a ambients hostils. Les noves tecnologies ens permeten fins i tot accelerar els processos d'especiació, com va demostrar recentment el grup del professor Ralf Bock a Alemanya mitjançant la neopoliploidització induïda per empelt (Fuentes, Stegemann, Golczyk, Karcher i Bock, 2014). Partint de dues espècies de tabac, *Nicotiana tabacum* i *Nicotiana glauca*, aquests investigadors van crear de manera accelerada una nova espècie (*Nicotiana tabauca*), resultat de la transferència de genomes nuclears complets d'una planta a una altra. Després de la transferència, es produeix un ràpid procés de reorganització genòmica similar al que ocorre durant l'especiació natural. D'aquesta manera es poden generar ràpidament noves espècies sobre les quals assajar les seues característiques agronòmiques, la seua composició, etc., i crear així cultius radicalment nous.

## ■ CULTIUS DE BIOMOLÈCULES: "MADE IN BENTHY"

L'exemple anterior serveix per a subratllar el fet que, a més del conreu per a la producció d'aliments, existeix una tradició mil·lenària de l'ús de les plantes com a factories de compostos d'utilitat, des de fibres i biomaterials fins a medicaments. Encara avui molts dels medicaments usats en la primera línia de la lluita contra malalties com el càncer o la malària s'extrauen de les plantes. L'enginyeria genètica ens permet utilitzar les plantes com a bio-factories de biomolècules usades en farmàcia, medicina o cosmètica. Així, l'espècie australiana *Nicotiana benthamiana* (Figura 4), un parent nan del tabac (conegut afectuosament com Benty), s'utilitza àmpliament per a produir vacunes, anticossos i nous productes que substituïsquen els antibiòtics. L'antídot administrat als missioners occidentals en la crisi recent d'ebola de 2014 va ser produït en *N. benthamiana* (Qiu et al., 2014).

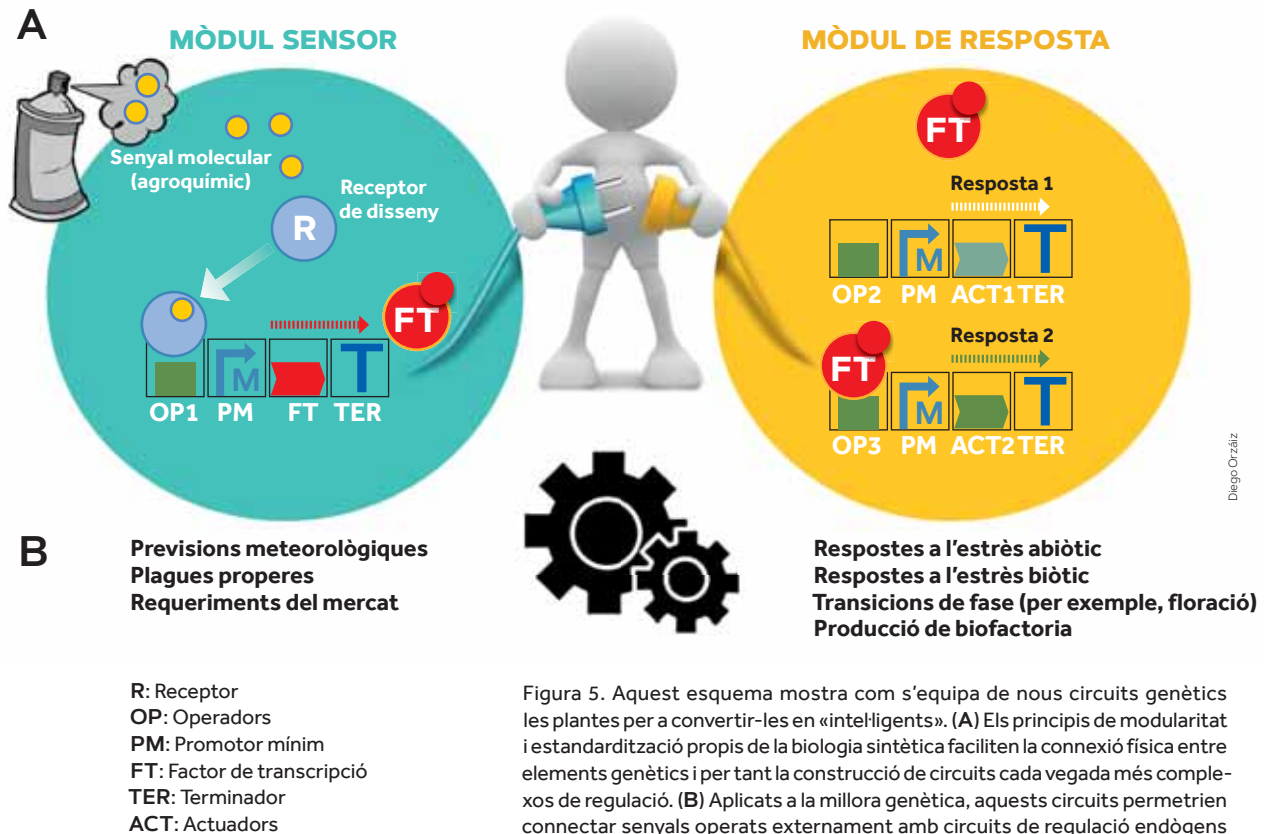


Figura 5. Aquest esquema mostra com s'equipa de nous circuits genètics les plantes per a convertir-les en «intel·ligents». (A) Els principis de modularitat i estandardització propis de la biologia sintètica faciliten la connexió física entre elements genètics i per tant la construcció de circuits cada vegada més complexos de regulació. (B) Aplicats a la millora genètica, aquests circuits permetrien connectar senyals operats externament amb circuits de regulació endògens com aquells que governen les respostes a l'estrès, els canvis de fase, etc.

Més recentment, l'empresa canadenc Medicago acaba de finalitzar la fase III de les seues proves clíniques en humans d'una vacuna per a la grip estacional, també «made in bently» (Pillet et al., 2016). És molt probable que en un horitzó de cinc a deu anys ens vacunem amb antígens produïts en plantes, i que els nostres aliments es conserven amb colicines (proteïnes antibacterianes), «made in bently», com les que ha desenvolupat recentment l'empresa alemanya Icon Genetics (Stephan et al., 2017). Tots aquests exemples mostren un nou vessant de la producció agrícola, que al seu torn planteja nous objectius de millora genètica fins ara inexplorats, com el rendiment, la qualitat i estabilitat de les proteïnes recombinants o la bioseguretat dels cultius, entre altres. El projecte europeu Newcotiana,<sup>1</sup> que aplega dinou grups d'investigació europeus i australians, cerca precisament millorar la capacitat com a biofàctòries de les plantes de Bently i el seu parent el tabac cultivat. Amb la implantació

<sup>1</sup> <<https://newcotiana.org/>>

d'aquestes millores és previsible que en el futur augmente la superfície dedicada a plantes biofàctòries, i que aquestes desplacen altres cultius socialment menys acceptables, com el tabac de fumar.

■ **PLANTES "SEXY", "INTEL·LIGENTS" I AMB CAPACITATS AUGMENTADES**

Què podem esperar en un horitzó més enllà de vint anys? Quins són els límits de la millora genètica? Podem equipar els nostres cultius amb noves funcionalitats, més enllà de les que observem en la naturalesa? Potser hi ha qui diga que ja tot està inventat per l'evolució, però ben mirat és obvi que els humans podem aportar capacitats de les quals l'evolució biològica no ha disposat en cap cas.

Un exemple és la predicció meteorològica. És tecnològicament plausible dissenyar plantes «intel·ligents» capacitades per a respondre amb antelació a una alerta meteorològica, com per exemple una gelada, amb la producció de compostos defensius com una proteïna

**«El model de desenvolupament agrobiotecnològic del futur dependrà de la percepció que la societat tinga de les noves tecnologies»**



anticongelant. Igualment, l'estat actual de la tecnologia permetria dissenyar plantes que, davant la detecció remota d'una plaga, responguen amb la producció de compostos volàtils defensius, com ara feromones sexuals que confonguen els insectes.

Els exemples que hem esmentat impliquen equipar les plantes no amb un sol transgèn o una petita modificació, sinó amb circuits genètics i rutes metabòliques complexes que impliquen molts gens. Alguns autors defensen que, per a aconseguir els nivells de sofisticació requerits per a dissenyar aquest tipus de plantes, és necessari incorporar a la biotecnologia principis d'enginyeria similars als que van permetre enlairar la revolució industrial i més tard les enginyeries de la informació, com l'estandardització, la modularitat o l'abstracció de funció. Aquests aspectes els aborda la disciplina coneguda com a biologia sintètica, i representen un nou horitzó per a la biotecnologia vegetal. L'exemple de les plantes que produeixen feromones sexuals va ser inicialment plantejat i implantat parcialment per un equip d'estudiants de la Universitat Politècnica de València en col·laboració amb el CSIC en el context del projecte iGEM de Biologia Sintètica, celebrat a Boston en 2015, i va ser la llavor d'altres projectes d'investigació que segueixen la mateixa línia de desenvolupament, és a dir, la bioproducció sostenible de feromones d'insectes en plantes com a alternativa a l'ús de plaguicides de síntesi.

Per la seua banda, l'exemple de la resposta a prediccions meteorològiques il·lustra la potencialitat del disseny de circuits genètics que permeten operar externament processos endògens d'interès agronòmic, com el temps de floració, l'activació de mecanismes de defensa o protecció davant d'estressos ambientals (Figura 5). De manera similar a com la realitat augmentada o la interfície «ciborg» amb elements cibernètics ens permeten als humans anar més enllà de les nostres capacitats innates en el coneixement del medi exterior, la biologia sintètica cerca crear plantes de collita amb capacitats augmentades, que els permeten produir més amb menys, de manera sostenible i respectuosa amb el medi ambient.

Els reptes són enormes, però en els ecosistemes de coneixement on es combina el foment de la creativitat amb l'incentiu de la necessitat no hi ha quasi cap repte tecnològic que siga infranquejable. Les plantes del futur seran probablement com nosaltres vulguem que siguem. Les decisions comencen a prendre's avui mateix, i de les nostres decisions presents dependrà el futur de les generacions següents sobre la Terra. ☺

## «Avui coneixem molts dels factors genètics que han permès domesticar les nostres plantes de collita»

### REFERÈNCIES

- Barton, K. A., Binns, A. N., Matzke, A. J., & Chilton, M. D. (1983). Regeneration of intact tobacco plants containing full length copies of genetically engineered T-DNA, and transmission of T-DNA to R1 progeny. *Cell*, 32(4), 1033–1043. doi: [10.1016/0092-8674\(83\)90288-x](https://doi.org/10.1016/0092-8674(83)90288-x)
- Engler, C., Kandzia, R., & Marillonnet, S. (2008). A one pot, one step, precision cloning method with high throughput capability. *PLOS ONE*, 3(11), e3647. doi: [10.1371/journal.pone.0003647](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003647)
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultat en <http://www.fao.org/3/i8429EN/i8429en.pdf>
- Fuentes, I., Stegemann, S., Golczyk, H., Karcher, D., & Bock, R. (2014). Horizontal genome transfer as an asexual path to the formation of new species. *Nature*, 511(7508), 232–235. doi: [10.1038/nature13291](https://doi.org/10.1038/nature13291)
- Herrera-Estrella, L., Depicker, A., Van Montagu, M., & Schell, J. (1992). Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature*, 303, 209–213. doi: [10.1038/303209a0](https://doi.org/10.1038/303209a0)
- Khan, M. Z., Zaidi, S. S., Amin, I., & Mansoor, S. (2019). A CRISPR way for fast-forward crop domestication. *Trends in Plant Science*, 24(4), 293–296. doi: [10.1016/j.tplants.2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.01.011)
- Lander, E. S. (2016). The heroes of CRISPR. *Cell*, 164(1-2), 18–28. doi: [10.1016/j.cell.2015.12.041](https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.12.041)
- Mojica, F. J., Díez-Villaseñor, C., García-Martínez, J., & Almendros, C. (2009). Short motif sequences determine the targets of the prokaryotic CRISPR defence system. *Microbiology*, 155(3), 733–740. doi: [10.1099/mic.0.023960-0](https://doi.org/10.1099/mic.0.023960-0)
- Pillet, S., Aubin, E., Trépanier, S., Bussièrre, D., Dargis, M., Poulin, J. F., ... Landry, N. (2016). A plant-derived quadrivalent virus like particle influenza vaccine induces cross-reactive antibody and T cell response in healthy adults. *Clinical Immunology*, 168, 72–87. doi: [10.1016/j.clim.2016.03.008](https://doi.org/10.1016/j.clim.2016.03.008)
- Qiu, X., Wong, G., Audet, J., Bello, A., Fernando, L., Alimonti, J. B., ... Kobinger, G. P. (2014). Reversion of advanced Ebola virus disease in nonhuman primates with ZMapp. *Nature*, 514(7520), 47–53. doi: [10.1038/nature13777](https://doi.org/10.1038/nature13777)
- Schmutz, J., Cannon, S. B., Schlueter, J., Ma, J., Mitros, T., Nelson, W., ... Jackson, S. A. (2010). Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. *Nature*, 463, 178–183. doi: [10.1038/nature08670](https://doi.org/10.1038/nature08670)
- Stephan, A., Hahn-Löbmann, S., Rosche, F., Buchholz, M., Giritch, A., & Gleba, Y. (2017). Simple purification of *Nicotiana benthamiana*-produced recombinant colicins: High-yield recovery of purified proteins with minimum alkaloid content supports the suitability of the host for manufacturing food additives. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 95. doi: [10.3390/ijms19010095](https://doi.org/10.3390/ijms19010095)
- Vazquez-Vilar, M., Orzaez, D., & Patron, N. (2018). DNA assembly standards: Setting the low-level programming code for plant biotechnology. *Plant Science*, 273, 33–41. doi: [10.1016/j.plantsci.2018.02.024](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.02.024)
- Wang, L., Jiang, S., Chen, C., He, W., Wu, X., Wang, F., ... Chen, S. (2018). Synthetic genomics: From DNA synthesis to genome design. *Angewandte Chemie International Edition English*, 57(7), 1748–1756. doi: [10.1002/anie.201708741](https://doi.org/10.1002/anie.201708741)
- Zsögön, A., Cermák, T., Naves, E. R., Notini, M. M., Edel, K. H., Weini, S., ... Peres, L. E. P. (2018). De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nature Biotechnology*, 36, 1211–1216. doi: [10.1038/nbt.4272](https://doi.org/10.1038/nbt.4272)

**DIEGO ORZÁEZ.** Investigador de l'Institut de Biologia Molecular i Cel·lular de Plantes (IBMCP, CSIC-UPV, Espanya). El seu doctorat es va centrar en la mort cel·lular programada en les plantes. Poc després s'unia com a investigador postdoctoral Marie Curie a la Universitat de Wageningen (Països Baixos), on va estudiar durant quatre anys el disseny de plantes com a biofàctories per a produir anticossos. Actualment, codiregeix el grup de Genòmica i Biotecnologia de les Plantes de l'IBMCP, on continua treballant en el desenvolupament d'eines d'enginyeria genètica i biologia sintètica per a dissenyar plantes biofàctories que puguin produir substàncies valuoses per a camps com la medicina o la farmàcia. ✉ [dorzaez@ibmcp.upv.es](mailto:dorzaez@ibmcp.upv.es)