

Optimització de l'ús dels recursos i reducció de l'impacte ambiental en diferents genètiques porcines (OPTIPORC)

Resum

El projecte OPTIPORC neix de l'interès comú de les cinc empreses que integren l'Associació Catalana de Criadors de Bestiar Porcí Selecte en desenvolupar coneixements i estratègies per millorar la sostenibilitat ambiental i econòmica de la producció porcina amb els diferents encreuaments derivats de les seves línies.

Entre 2022 i 2024 es va dur a terme a la granja experimental de l'IRTA a Monells el seguiment del creixement i engreix d'un total de 896 porcs de 9 tipus d'encreuaments d'aquestes empreses, amb diferents pautes alimentàries estàndard i alternatives. A més dels registres productius i de consum de pinso, es va controlar el consum d'aigua i energia, i es va analitzar la digestibilitat de l'aliment. En diferents moments de l'engreix es van mesurar a cada grup experimental les concentracions de gasos efecte hivernacle (CH_4 , N_2O i CO_2) i d'amoníac (NH_3), així com el volum i composició dels purins.

La informació generada ha permès caracteritzar sota un ambient controlat l'eficiència en la utilització dels recursos i les emissions contaminants de diferents tipus genètics i estratègies, i realitzar l'anàlisi de cicle de vida. La petjada de carboni en els diferents tipus genètics i sistemes va fluctuar entre 3,92 i 5,44 kg de CO_2 equivalent per kg de pes viu (PV), i la petjada hídrica entre 7,47 i 14,63 m^3 equivalent per kg de PV. El procés amb una major contribució a la petjada de carboni i la petjada hídrica és el consum de pinso. Les emissions estimades en l'estudi de l'anàlisi de cicle de vida han presentat rangs de variació de 0,0041-0,0093 kg de NH_3 /kg PV, 0,00013-0,00023 kg N_2O /kg PV, i 0,039-0,063 kg CH_4 /kg PV, mentre que les excrecions de nitrogen van fluctuar entre 0,009 i 0,022 kg de nitrogen urinari/kg PV i entre 0,016 i 0,029 kg nitrogen total/kg PV. En conjunt, els animals més eficients van mantenir el creixement amb menor consum d'aliment i d'aigua, van presentar millor digestibilitat de l'aliment i van tenir menors excrecions de nitrogen i menys emissions d'amoníac.

Aquest resultat avala l'eficiència alimentària com a objectiu de selecció clau per tal de millorar la petjada ambiental i el balanç econòmic de la producció porcina. Es va demostrar l'efecte mitigador sobre la petjada ambiental, molt particularment sobre les emissions de nitrogen, derivat de la reducció de proteïna i la utilització de components vegetals alternatius a la dieta. També es va constatar l'efecte beneficiós de l'addició d'àcid benzoic a la dieta, observant-se creixements lleugerament superiors i sobretot un millor índex de conversió de l'aliment.

Finalment, s'han avaluat 32 paràmetres bioquímics i hematològics sanguinis com a possibles biomarcadors. La concentració sèrica d'urea va ser el paràmetre més associat amb l'índex de conversió i el rendiment productiu dels animals, assenyalant-se com un potencial biomarcador de l'ajust de la dieta i l'eficiència alimentària. Els resultats obtinguts permeten desenvolupar pautes i estratègies per a mitigar la petjada de carboni i millorar el balanç econòmic de la producció amb diferents genètiques porcines.

Objectius

L'objectiu general del projecte OPTIPORC és contribuir a la millora de la sostenibilitat mediambiental i el balanç econòmic de la producció porcina amb les diferents genètiques de les empreses catalanes de selecció porcina, mitjançant el desenvolupament de coneixements i estratègies que permetin millorar l'eficiència en l'aprofitament de recursos, així com reduir les emissions contaminants i la petjada de carboni a les granges. Els objectius específics han estat:

1. Caracteritzar els principals tipus genètics d'encreuaments comercials obtinguts de les línies pures de les empreses catalanes de selecció porcina en relació a la petjada ambiental i la utilització dels recursos.
2. Desenvolupar i avaluar estratègies nutricionals i de selecció que tinguin un impacte mitigador sobre la petjada ambiental de la producció porcina mantenint el potencial productiu dels animals.
3. Identificar nous indicadors i biomarcadors de l'eficiència i els nivells d'emissions de la producció porcina durant la fase d'engreix, tant a nivell individual com grupal.

Descripció de les actuacions dutes a terme en el projecte

Les actuacions realitzades durant el projecte s'han estructurat en quatre paquets de treball:

Paquet 1. Disseny experimental, generació del material animal i formulació dels pinsos.

El disseny experimental ha estat plantejat per a poder abordar els diferents objectius del grup operatiu. Al llarg del grup operatiu les empreses han generat el material animal que es va controlar en diferents lots experimentals: un total de 896 animals de diferents orígens i creuaments (un total de 9 encreuaments diferents), amb diferents pautes alimentàries (9 dietes), agrupats en un total de 14 grups experimentals (promig de 56 animals per grup) i que van ser controlats en 5 lots d'engreix al Centre de Control Porcí (CAP) de l'IRTA. Als lots 1 i 2 es van caracteritzar diferents creuaments/tipus genètics. Als lots 3 i 4 es van testar diferents estratègies mitigadores de la petjada ambiental: 1) l'efecte de pinsos alternatius amb nous components vegetals i menys percentatge de proteïna; i 2) les diferències entre animals amb diferent valor millorant per a l'eficiència alimentària. Al lot 5 es va testar l'efecte de l'adició d'àcid benzoic sobre el rendiment productiu, l'eficiència i les emissions. A la **Taula 1** es fa un resum dels diferents assajos i grups experimentals.

Paquet 2. Seguiment productiu i d'emissions durant la fase d'engreix.

El seguiment i control de cadascun dels cinc lots experimentals durant tota la fase de creixement i engreixament es va realitzar al Centre de Control Porcí de l'IRTA (CAP, Monells, Girona). Un cop traslladats al CAP, els animals es van allotjar a raó d'un únic grup experimental per sala (uns 48-56 animals per sala). Cada sala disposava de 4 corrals i 2 foses; mascles i femelles van se allotjats en diferents corrals (12-14 animals per corral), compartint una fosa de purins per sexe. Al llarg del període creixement i engreix (entre els 70 i els 170 dies de vida de mitjana) els animals van ser alimentats *ad libitum* amb una alimentació en 3 fases (inicial, creixement i acabament), amb la dieta que corresponia al seu grup experimental (veure Taula 1). Es va fer el control individual dels pesos i del dipòsit de greix amb ultrasons, així com del consum individual d'aliment amb menjadores electròniques, i es va enregistrar també el consum d'aigua i electricitat per sala. Així mateix es van mesurar els gasos d'efecte hivernacle (GEH) i amoníac (NH₃), així com el volum i la composició dels purins, en tres moments de l'engreix. Per últim es van prendre mostres de sang i de femtes de 3 animals de cada corral per a fer les analítiques de biomarcadors i els estudis de digestibilitat.

Taula 1. Disseny experimental del projecte OPTIPORC: distribució dels assajos i grups experimentals en els cinc lots de control al Centre d'Avaluació del Porcí de l'IRTA.

	SALA 1	SALA 2	SALA 3	SALA 4
LOT 1 Març - juny 2022	Origen 1 Pi-(Lw-Ld) Dieta D _{Magre}	Origen 1 Du-(Lw-Ld) Dieta D _{Greix}	Origen 2 Pi-(Lw-Ld) Dieta D _{Magre}	Origen 2 Du1-(Lw-Ld) Dieta D _{Greix}
LOT 2 Julial - nov. 2022	Origen 2 Pi-(Lw-Ld) Dieta D _{Magre}	Origen 2 Du2-(Lw-Ld) Dieta D _{Magre}		
LOT 3 Gen - maig 2023	Origen 3 Pi-(Ld-Lw) Dieta HP	Origen 3 Pi-(Ld-Lw) Dieta Mitigació	Origen 4 Pi-(Ld-Du)_IG_high Dieta D _{bat}	Origen 4 Pi-(Ld-Du)_IG_std Dieta D _{bat}
LOT 4 Abril - set. 2023	Origen 4 Pi-(Ld-Du)_IG_high Dieta C _{bat}	Origen 4 Pi-(Ld-Du)_IG_std Dieta C _{bat}	Origen 5 Pi-(Ld-Lw) Dieta 1	Origen 5 Pi-(Ld-Lw) Dieta 2
LOT 5 Maig - agost 2024			Origen 1 F1 Lw-Ld Control	Origen 1 F1 Lw-Ld Addició Àc.orgànic

ASPECTES AVALUATS

- ✓ **Tipus genètic**
- ✓ **Efecte de la dieta**
- ✓ **Valors genètics (IG)**
- ✓ **Addició d'àcid benzoïc**

5 orígens (empreses)
9 tipus genètics
9 dietes / tractaments

Paquet 3. Analítiques de emissions, digestibilitat, bioquímica i hematologia.

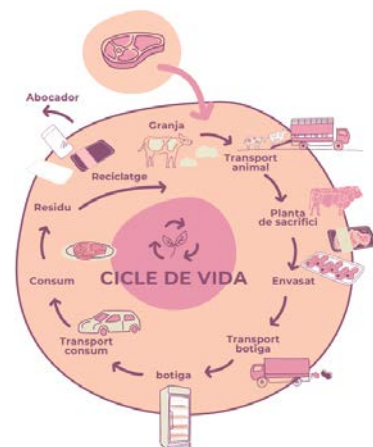
A partir de les mostres obtingudes durant l'assaig, es va realitzar la anàlisi de la composició dels purins de cadascuna de les foses, i dels fems i del pinso per a cadascun dels corrals, en tres punts temporals al llarg de l'engreix. Aquestes analítiques van permetre determinar:

- la digestibilitat de l'aliment a cada corral en dos punts temporals (fase creixement i fase d'acabament)
- el volum i composició del purí a cada fosa (combinació de grup experimental i sexe) en tres punts temporals
- les emissions de gasos efecte hivernacle (CH₄, N₂O i CO₂) i amoníac (NH₃) a cada sala (grup experimental)

Així mateix es va realitzar la anàlisi de 32 paràmetres bioquímics i hematològics de les mostres de sang de 3 individus per corral (un total de 190 individus) en dos punts diferents de l'engreix (entorn 125 i 170 d de vida).

Paquet 4. Anàlisi de les dades i obtenció dels resultat. Totes les dades generades es van analitzar per donar resposta als diferents objectius del grup operatiu:

- **Caracteritzar el potencial productiu, d'eficiència alimentària i d'emissions** contaminants dels diferents tipus genètics sota els diferents sistemes d'alimentació considerats. Es van testar les diferències utilitzant models lineals per a corregir els efectes sistemàtics i estimar les mitjanes mínim-quadràtiques (LSmeans) de cada grup experimental pels paràmetres productius (bàsicament creixement, consum d'aliment, índex de conversió i dipòsit de greix), la digestibilitat de l'aliment i les emissions.
- **Obtenir la petjada de carboni i la petjada hídrica** dels diferents sistemes analitzats (combinació tipus genètic * alimentació). Es va utilitzar la metodologia d'anàlisi de **cicle de vida** (ACV) que permet quantificar, entre d'altres indicadors, la categoria de Canvi Climàtic o petjada de carboni i la categoria de Consum d'Aigua o petjada hídrica. Pels estudis d'ACV es va seguir la metodologia definida a les ISO 14040-14044, marc que es complementa amb iniciatives com la *Product Environmental Footprint* (European Commission, 2013), la *Product Category Rules* (International EPD®System, 2020) o el Panell Intergovernamental sobre Canvi Climàtic, entre altres. Les dades obtingudes al grup operatiu van permetre fer una quantificació dels recursos emprats, els residus i les emissions en cadascun del escenaris avaluats.
- **Avaluar l'efecte mitigador sobre la petjada ambiental de diferents estratègies alimentàries i de l'addició d'àcids orgànics:** l'efecte de dietes alternatives amb menys contingut de proteïna (experiments dels Lots 3 i 4, orígens 3 i 5) i l'addició d'àcid benzoïc a la dieta (experiments Lot 5, origen 1) es van testar comparant les LSmeans dels paràmetres productius i d'eficiència, la digestibilitat i les emissions amb les obtingudes amb les dietes control en el mateix tipus genètic.



- Avaluar la **relació entre l'eficiència alimentària i la petjada ambiental**. Es van utilitzar conjuntament totes les dades obtingudes, corregint prèviament l'efecte grup experimental amb models lineals de mesures repetides, per avaluar l'associació entre els paràmetres productius, l'eficiència, la digestibilitat i les emissions a partir d'anàlisis de correlacions.
- Identificar possibles **biomarcadors d'eficiència i petjada ambiental**. Es va estudiar l'associació de 32 paràmetres bioquímics i hematològics amb l'eficiència alimentària dels animals. Mitjançant anàlisis de correlació i de regressió es va determinar el valor predictiu de diferents metabòlits i enzims. Es van desenvolupar models predictius considerant totes les variables bioquímiques i hematològiques utilitzant models de regressió múltiple amb mesures repetides i tècniques de regularització mitjançant procediments de *machine learning*.

Resultats finals i recomanacions pràctiques

CARACTERITZACIÓ DE L'EFICIÈNCIA I LES EMISSIONS DE DIFERENTS TIPUS GENÈTICS

Els 896 animals pertanyents a diferents creuaments de les empreses catalanes de selecció porcina monitoritzats sota un ambient controlat durant el període de creixement i engreixament van mostrar força diversitat entre tipus genètics i pautes alimentàries pel que fa al seu rendiment/potencial productiu, l'eficiència alimentària i la digestibilitat de l'aliment, el consum d'aigua, les emissions de gasos efecte hivernacle (GEH) i d'amoníac, i les excrecions de nitrogen i fòsfor. A la **Taula 2** s'adjunten els rangs de variabilitat obtinguts en el conjunt del grup operatiu per algunes d'aquestes variables.

Taula 2. Rangs de variació de les mitjanes dels diferents grups experimentals pels paràmetres productius, la digestibilitat de l'aliment, les emissions de gasos efecte hivernacle (GEH) i amoníac, i les excrecions de nitrogen i fòsfor expressat per kg de purí.

Paràmetres Productius	Rang
Creixement diari (g/dia)	0,83 – 1,14
Consum diari de pinso (kg/dia)	1,82 – 2,31
Índex de conversió (kg pinso / kg creix)	1,93 – 2,66
Edat al Final de l'engreix (dies)	160 – 177
Pes al final de l'engreix (kg)	106 – 124
Greix dorsal al final de l'engreix (mm)	8,15 – 15,93

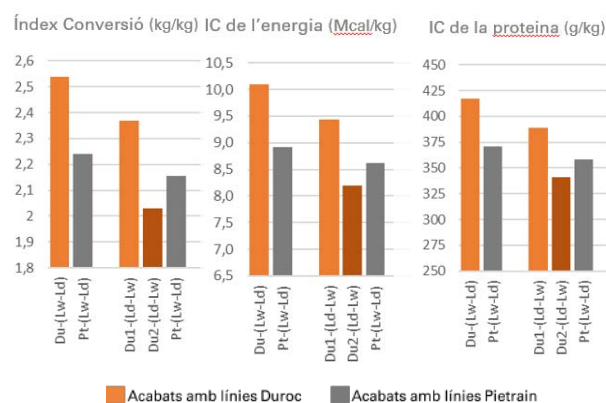
Emissions de GEH i amoníac	Rang
Conc. de Metà - CH ₄ (mg/m ³)	1,9 – 15,3
Conc. d'òxid nitrós - N ₂ O (mg/m ³)	1,17 – 1,81
Conc. de diòxid de carboni - CO ₂ (mg/m ³)	414 – 1244
Conc. d'amoníac - NH ₃ (mg/m ³)	1,9 – 59,0

Digestibilitat	Rang
Dig. Matèria seca (%)	78,62 – 91,87
Dig. Proteïna bruta (%)	76,11 – 94,32
Dig. Energia bruta (%)	77,69 – 92,29
Dig. Calci (%)	16,54 – 65,52
Dig. Fòsfor (%)	37,36 – 72,97
Dig. Cendres (%)	29,54 – 70,43
Dig. Matèria Orgànica (%)	80,16 – 93,10

Excrecions de N i P (purí)	Rang
Nitrogen Total (g/kg)	3,25 – 8,21
Nitrogen Amoniacal (g/kg)	1,51 – 5,45
Fòsfor total (g/kg)	0,84 – 2,23

En general, els creuaments de línies genètiques més magres (normalment els creuaments acabats amb Pietrain) tendeixen a ser més eficients en la conversió de l'aliment que els que tenen major dipòsit de greix (normalment els creuaments acabats amb Duroc), si bé va haver alguna excepció, posant de manifest que la selecció de les línies parentals i la dieta són determinants principals del potencial productiu i d'eficiència més enllà de l'origen racial.

Figura 2. Índex de conversió (IC) del pinso (kg/kg creix.), l'energia (Mcal/kg creix.) i la proteïna (g/kg creix) en diferents tipus genètic de dos orígens.



El **consum d'aigua va ser de 9 L per animal i dia**, fluctuant entre 3,4 – 19,3 L / animal i dia. La **generació mitjana de purí va ser 2,85 L per animal i dia**, amb valors màxims de 5,70 L per animal i dia en els lots on va haver un consum excessiu d'aigua, normalment per un mal ús (jocs amb el abeurador, etc). La ràtio de purí generat equival al 31% de l'aigua consumida (9% min, 54% màx). El contingut de matèria seca (ST) del purí generat al final de l'engreixament està comprès entre el 4,9 i 13,2 %, i la concentració de nitrogen total sobre la matèria seca va variar en gran mesura amb la sequedat del purí (entre 4,1 i 12,4% de la matèria seca; entre 3,25 i 8,21 g/kg de purí). El contingut de fòsfor als purins va anar augmentant al llarg dels dies d'emmagatzemament a la fosa, situant-se en valors que fluctuaven entre el 0,7 i 6,0 % de la matèria seca, entre 0,84 i 2,23 gr de P per kg de purí.

Pel que fa a les emissions de GEH, la descomposició de la matèria orgànica per l'activitat microbiana va causar emissions de metà (CH₄) entre 5 i 20 mg per m³ d'aire al final de l'assaig, i d'òxid nitrós (N₂O) entre 0,5 i 1,16 mg per m³ d'aire de forma constant.

La concentració d'amoníac va augmentar lentament els primers dies en control, mantenint-se en general per sota de 20 mg de NH₃ per m³ d'aire, encara que alguns dels grups, principalment els alimentats amb pinsos més proteics i amb pitjor eficiència, van donar lloc a valors superiors a 75 mg NH₃/m³.

Comparant tipus genètics es va observar que els grups d'animals amb més dipòsit de greix tendien a consumir més aigua i mostraven més emissions d'amoníac en les tipus genètics més magres (Figura 3).

Les menors concentracions d'amoníac es van obtenir al grup d'animals alimentats amb pinsos alternatius amb baixa concentració de proteïna i minerals (veure Figura 5B).

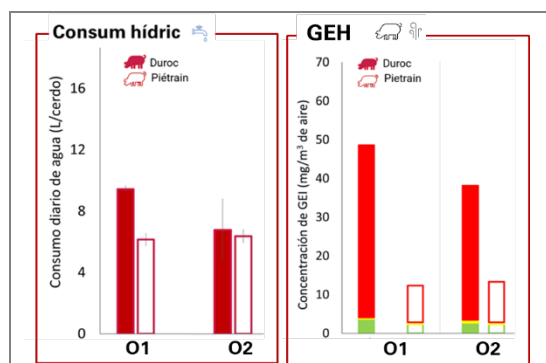


Figura 3. Consum experimental d'aigua i emissions de GEH en dos tipus de creuaments acabats amb Duroc i amb Pietrain a L1.

PETJADA DE CARBONI I PETJADA HÍDRICA

La **petjada de carboni** en els diferents tipus genètics i sistemes avaluats va fluctuar entre 3,92 i 5,44 kg de CO₂equivalent per kg de pes viu (PV), i la **petjada hídrica** entre 7,47 i 14,63 m³ equivalent per kg de PV. En els creuaments diferenciats entre mascles i femelles, els mascles presenten una petjada de carboni i hídrica menor. Els grups experimentals amb menor petjada de carboni corresponien al grups amb dietes menys

proteiques i amb menys contingut mineral, i s'observa una tendència a tenir menys petjada de carboni en aquells grups que mostraven més eficiència en la utilització de l'aliment.

A la **Figura 4** es mostra la contribució dels diferents processos a la petjada de carboni i la petjada hídrica.

Els processos amb un major pes en la petjada de carboni són el consum de pinsos que contribueix en un 37,8%, seguit de les emissions derivades de la gestió de les dejeccions amb un 36,2% i la producció dels garrins per a engreix (animals d'entrada a l'explotació) amb un 22,6%.

Pel que fa a la petjada hídrica el procés que més contribueix és bàsicament l'alimentació animal, que representa el 91,2%.

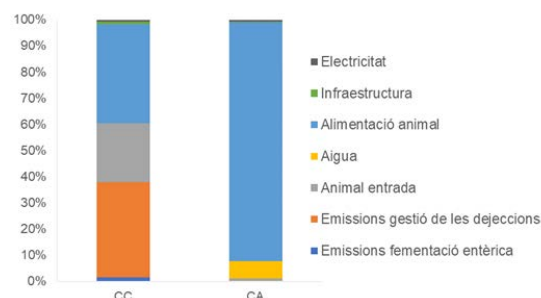


Figura 4. Contribució (%) dels diferents processos a les categories d'impacte ambiental CC (canvi climàtic o petjada de carboni) i CA (consum d'aigua o petjada hídrica).

Les emissions estimades en l'estudi de l'anàlisi de cicle de vida han presentat rangs de variació de 0,0041-0,0093 kg de NH_3 /kg PV, 0,00013-0,00023 kg N_2O /kg PV, i 0,039-0,063 kg CH_4 /kg PV, mentre que les excrecions de nitrogen van fluctuar entre 0,009 i 0,022 kg de nitrogen urinari/kg PV i entre 0,016 i 0,029 kg nitrogen total/kg PV. Aquestes dades van ser comparades amb les dades experimentals d'emissions. En una comparació preliminar s'observa que els paràmetres d'emissió (NH_3 , CH_4 i N_2O) calculats per ACV i els experimentals coincideixen en la seva tendència, però hi ha desviacions a causa de les condicions experimentals.

ESTRATÈGIES ALIMENTÀRIES MITIGADORES DE LA PETJADA AMBIENTAL

Els animals alimentats amb una “**dieta Mitigació**” que contenia components vegetals alternatius i un 30% menys de proteïna bruta van mostrar millor digestibilitat de l'aliment, una millor eficiència en la conversió de l'energia i sobretot de la proteïna, i una reducció de fins el 50% en els nivells d'amoníac, mantenint un creixement similar que els animals amb una dieta rica en proteïna (dieta HP). Els principals resultats es mostren a la **Figura 5A**.

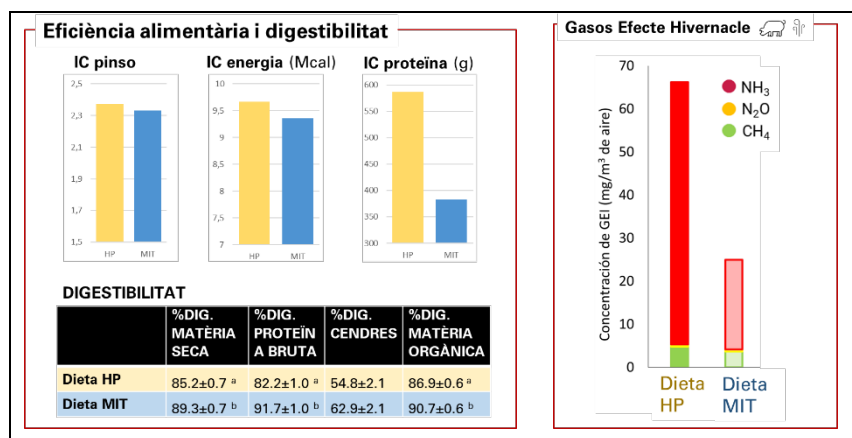


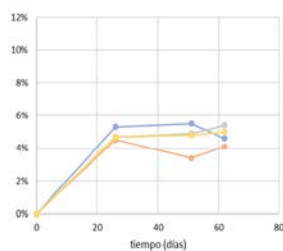
Figura 5A. Eficiència alimentària, digestibilitat i emissions obtinguts amb una dieta rica en components vegetals alternatius i baixa proteïna (**dieta MIT**) vs una dieta alta en proteïna bruta (**dieta HP**) a l'experiment L3-O3.

IC: Índex de conversió del pinso (kg / kg creix.), l'energia (Mcal / kg creix.) i la proteïna (g prot / kg creix)

GEH: Concentracions d'amoníac (NH_3), metà (CH_4) i òxid nitròs (N_2O)

De tots els grups controlats al projecte, les menors excrecions de nitrogen al purí i les menors emissions d'amoniac es van obtenir a l'assaig L4-O5, amb dues dietes alternatives amb reduït contingut de proteïna (entorn al 14%) i de minerals (**Figura 5B**).

N total (% mat. seca)



N amoniacal (% mat. seca)

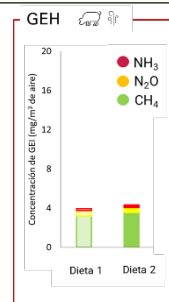
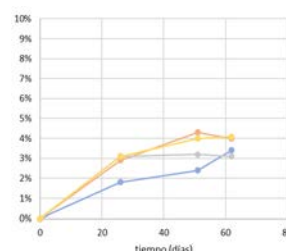


Figura 5B. Evolució de les concentracions de nitrogen total i nitrogen amoniacal al purí al llarg dels dies de control, i concentració de gasos efecte hivernacle (GEH), a l'assaig amb dietes alternatives (L4-O5).

L'**addició d'àcid benzoic a la dieta** va millorar l'eficiència alimentària a causa d'una major taxa de creixement a menor ingesta (**Figura 6**). Els porcs criats amb la dieta enriquida amb àcid benzoic tenien també menor dipòsit de greix. Es demostra una millora de la petjada de carboni i de nitrogen a través de la millor conversió de l'energia i la proteïna de l'aliment, i s'espera a més que l'addició dels àcids orgànics contribueixi també a reduir encara més les emissions de nitrogen a partir de la acidificació del purí.

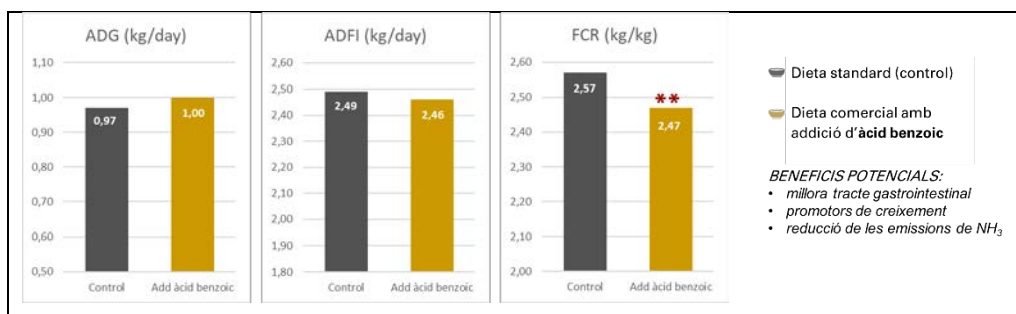
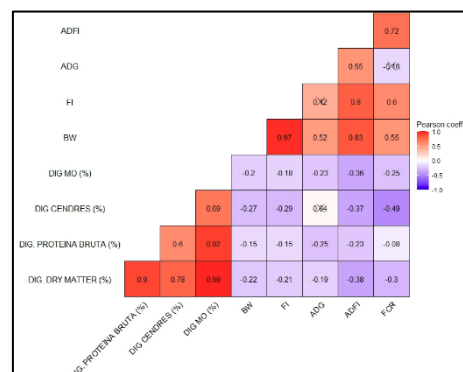


Figura 6. Creixement diari (ADG), consum diari de pinso (ADFI) i índex de conversió (FCR) dels animals amb dieta enriquida amb àcid benzoic vs el grup d'animals control. Tots els animals eren d'un mateix tipus genètic: mascles F1 (LdxLw).

ASSOCIACIÓ ENTRE PRODUCCIÓ, EFICIÈNCIA, DIGESTIBILITAT I PETJADA AMBIENTAL

Segons les correlacions obtingudes als animals Optiporc (**Figura 7**) la variació en l'índex de conversió va estar més associada a la variació en el consum d'aliment que a la variació en el creixement. S'observa una correlació negativa d'aquestes variables amb la digestibilitat de l'aliment. Els animals amb consums més elevats, tot i associar-se amb un cert increment del creixement, són en general animals amb un pitjor índex de conversió i una menor digestibilitat de l'aliment.

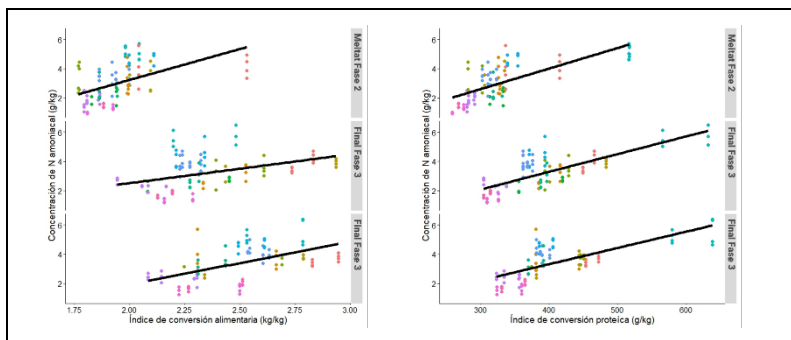
Figura 7. Correlacions residuals entre l'índex de conversió de l'aliment (FCR), el consum alimentari diari (ADFI), el creixement diari (ADG), el pes dels animals (BW) i la digestibilitat de la proteïna, les cendres i la matèria orgànica.



També es va observar una associació entre l'eficiència en la utilització de l'aliment i les excrecions de nitrogen. Les excrecions nitrogenades i les emissions d'amoniac tenien una regressió positiva sobre l'índex de conversió dels animals dels diferents grups i sobretot sobre l'índex de conversió de la proteïna (**Figura 8**), indicant que els sistemes / animals amb millor eficiència alimentària tenen menys emissions de N i amoniac. Aquesta

relació no es va observar però amb la concentració dels gasos efecte hivernacle CH_4 i N_2O , que més aviat estaven positivament associades amb el creixement.

Figura 8. Regressió de la excreció de nitrogen amoniacal als purins sobre l'índex de conversió de l'aliment (kg pinso / kg creixement) i l'índex de conversió de la proteïna (g proteïna / kg creixement).



En definitiva, els animals més eficients mantenen el creixement amb menor consum d'aliment i d'aigua, presenten millor digestibilitat de l'aliment i tenen uns menors nivells d'excreció de nitrogen i menys emissions d'amoníac.

Aquests resultats confirmen l'eficiència alimentària com el principal *proxy* de la petjada ambiental derivada de l'engreix porcí amb diferents tipus genètics i pautes alimentàries, i avalen la importància de considerar l'eficiència alimentària com a un objectiu de selecció clau en les línies genètiques porcines per tal de millorar la petjada de carboni i el balanç econòmic de la producció porcina.

BIOMARCADORS DE L'EFICIÈNCIA ALIMENTÀRIA I LA PETJADA AMBIENTAL

Entre els 32 paràmetres bioquímics i hematològics analitzats, la concentració d'urea sèrica va ser el més correlacionat amb les variables productives i d'eficiència: els animals amb majors nivells d'ingesta i pitjor conversió de l'aliment (i.e. menys eficients) tenien concentracions més elevades d'urea sèrica. A la **Figura 9** es presenta la regressió (general i dintre de grup experimental) de l'índex de conversió de l'aliment al llarg de tot l'engreix sobre els nivells d'urea sèrica dels animals. Malgrat les diferències entre grups (tipus genètics*dieta), s'observa que en tots els casos hi ha una associació positiva. D'aquesta manera es confirma que en tots els tipus genètics i pautes alimentàries els animals més eficients (menor índex de conversió) tenen menors concentracions d'urea. Segons aquests resultats, els metabòlits derivats de la utilització de proteïnes com és el cas de la urea poden explicar i predir el rendiment global dels porcs millor que els metabòlits de l'assimilació de proteïnes com per exemple la concentració total de proteïnes o la concentració d'albúmina.

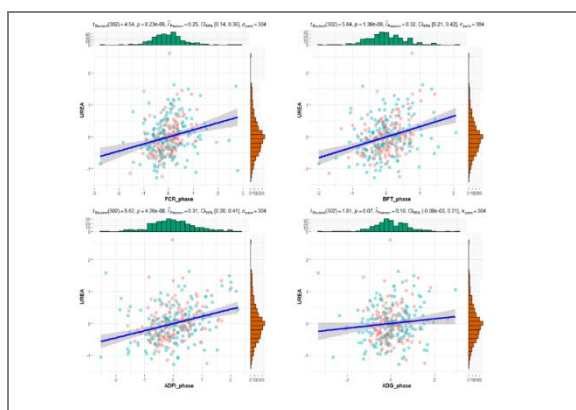


Figura 9a. Gràfics de dispersió dels residus centrats i estandarditzats de FCR, BFT, ADFI i ADG amb les concentracions d'urea sèrica a la fase de creixement (punt vermell) i d'acabat (punt verd).

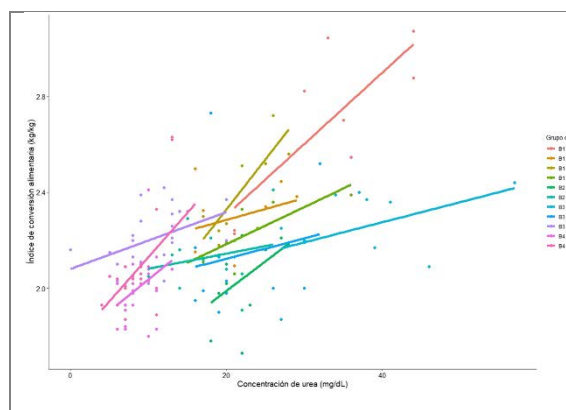


Figura 9b. Regressió dintre de grup experimental de l'índex de conversió de l'aliment de tot el període de control sobre les concentracions d'urea als 125 dies d'edat.

Els models predictius desenvolupats amb procediments de regularització de la regressió múltiple considerant tots els paràmetres sanguinis (**Figura 10**) ens mostren d'altres variables bioquímiques i hematològiques amb potencial predictiu del rendiment productiu i l'eficiència dels animals. La concentració sèrica d'urea, la relació albúmina-globulina, la concentració de creatinina, el colesterol, la bilirrubina i la quantitat de fosfatasa alcalina van ser en conjunt indicadors potencials de l'eficiència de la producció durant l'engreix porcí. Els procediments de validació creuada van revelar però que la proporció de variància explicada per aquests models és limitada. El consum d'aliment era la variable productiva que millor es podia predir a partir dels paràmetres sanguinis, que explicaven fins a un 25% de la variància del caràcter. En el cas de l'índex de conversió les variables bioquímiques i hematològiques explicaven entre el 9% i el 17% de la variància.

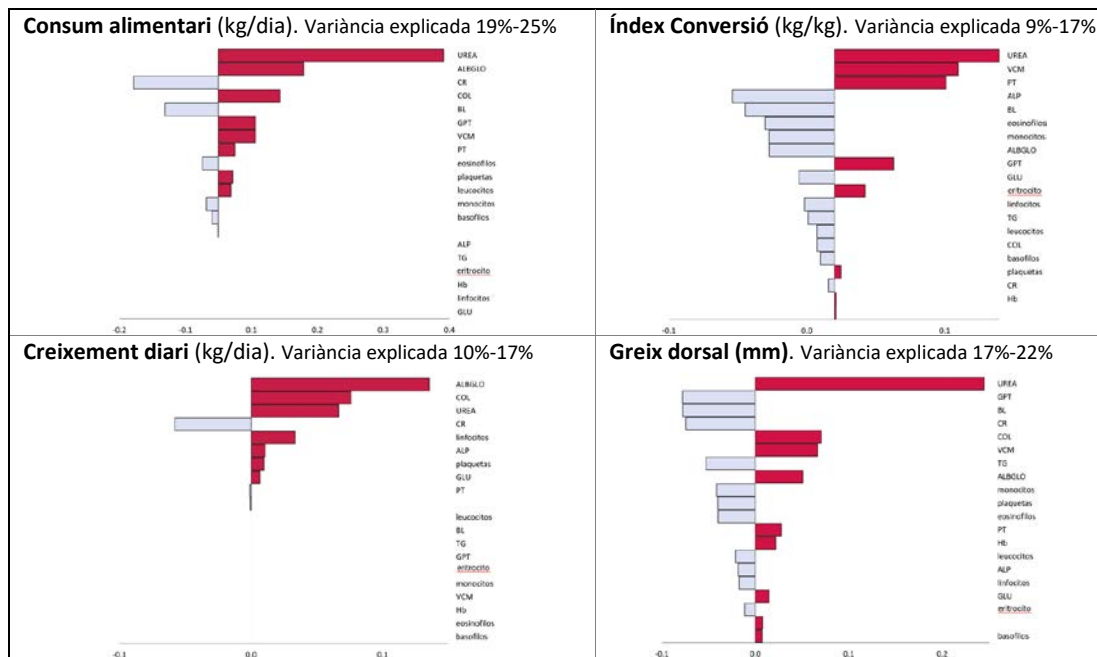


Figura 10. Coeficients de regressió parcial i pes relatiu de cada paràmetre sanguini en el millor model lineal creat mitjançant tècniques de regularització per predir l'índex de conversió d'aliment, la ingesta diària i el creixement (guany mig diari) i el dipòsit de greix dorsal.

RECOMANACIONS

- Les diferències observades entre tipus genètics en relació a l'eficiència alimentària, el potencial productiu, la digestibilitat, el potencial d'emissions i l'impacte ambiental han de ser tinguts en compte a l'hora d'implementar les MTDs més adequades per a mitigar l'impacte ambiental de cada tipus genètic/sistema.
- L'alimentació dels animals és el procés que més contribueix a la petjada de carboni i sobretot a la petjada hídrica, per la qual cosa és molt important ajustar al màxim les dietes a les necessitats fisiològiques i el potencial productiu de cada tipus genètic i buscar ingredients alternatius amb menor impacte ambiental.
- Buscar fórmules alternatives de pinso que cobreixin les necessitats dels animals amb una menor quantitat de proteïna té una incidència directa en la petjada ambiental de l'engreix porcí, comportant menors emissions nitrogenades i menys concentracions d'amoniac que a més empitjoren el benestar dels animals.
- Suplementar la dieta amb àcids benzoic té efectes beneficiosos sobre el tracte gastrointestinal dels porcs d'engreix que es tradueixen en major creixement i millora l'eficiència alimentària, a més de contribuir a reduir les emissions d'amoniac.
- Les millores en l'eficiència alimentària i l'ús de la proteïna contribueixen a reduir la concentració total de nitrogen alliberat, tot i que cal desenvolupar estratègies per fixar aquest nitrogen amoniacal líquid i evitar les emissions de gasos efecte hivernacle, sobretot N_2O .

- La concentració sèrica d'urea pot ser, dintre d'un mateix tipus genètic i pauta alimentària, un bon indicador de l'ajust de la dieta a les necessitats i de l'eficiència alimentària de cada animal.
- L'eficiència alimentària es un *proxy* principal de la petjada ambiental durant l'engreix, i ha de ser un objectiu de selecció en les línies genètiques porcines, doncs incideix tant en la millora de la sostenibilitat mediambiental com en el balanç econòmic de la producció porcina.

Conclusions

El projecte OPTIPORC ha permès obtenir valors de referència en relació a l'eficiència en la utilització dels recursos, la petjada ambiental i la petjada hídrica de diferents genètiques porcines de les empreses catalanes de porcí selecte. Les diferències observades han de ser tingudes en compte a l'hora d'implementar les MTDs més adequades per a mitigar l'impacte ambiental de cada sistema/tipus genètic.

Els animals més eficients mantenen el creixement amb menor consum d'aliment i d'aigua, presenten millor digestibilitat de l'aliment, tenen uns menors nivells d'excreció de nitrogen i menys emissions d'amoniac. Es posa per tant de manifest que l'eficiència alimentària es un bon indicador de la petjada ambiental durant l'engreix porcí, a més de tenir una incidència directa en el balanç econòmic de la producció, i ha de ser un objectiu de millora en les línies porcines.

L'alimentació dels animals és el procés que més contribueix a la petjada de carboni i, sobretot, a la petjada hídrica. La utilització de dietes menys proteiques i amb components vegetals alternatius té un efecte mitigador de la petjada ambiental, especialment de les emissions de nitrogen. L'addició d'àcid benzoic a la dieta determina una millor eficiència alimentària i contribueix a reduir les emissions d'amoniac. La concentració sèrica d'urea pot ser un potencial biomarcador de l'ajust de la proteïna i de l'eficiència alimentària dels animals dintre d'una mateixa població i pauta alimentària.

El conjunt de resultats obtinguts al projecte permeten desenvolupar pautes i estratègies per a mitigar la petjada de carboni i millorar el balanç econòmic de la producció amb diferents genètiques porcines.

Líder del Grup Operatiu

ENTITAT: SELECCIÓN BATALLÉ SA

Coordinador del Grup Operatiu

ENTITAT: IRTA

Altres membres del Grup Operatiu (perceptors d'ajut)

ENTITAT: BARO GERMANS SA

ENTITAT: GRUP GEPORK SA

ENTITAT: PINSOS SANT ANTONI SA

ENTITAT: UPB GENETIC WORLD SL

Altres membres del Grup Operatiu (no perceptors d'ajut)

ENTITAT: ASSOCIACIÓ CATALANA DE CRIADORS DE BESTIAR PORCÍ SELECTE

Àmbit/s territorial/s d'aplicació

PROVÍNCIA/ES	COMARCA/QUES
Barcelona, Girona, Lleida	Osona, Bages, Vallès Oriental, Selva, Baix Empordà, Noguera

Difusió del projecte (publicacions, jornades, multimèdia...)

- Notes de Premsa als mitjans especialitzats i generalistes:
 1. **“L’Associació Catalana de Criadors de Bestiar Porcí Selecte i l’IRTA engeguen un projecte per millorar la sostenibilitat mediambiental i econòmica de la producció porcina”**. NdP inicial en la que es va informar sobre el projecte posat en marxa i els seus objectius. La notícia es va difondre en nombrosos mitjans generalistes i especialitzats, així com webs d’associacions i productors. *20 d’octubre de 2022*.
 2. **“Projecte OPTIPORC: eines i coneixement per a millorar la sostenibilitat ambiental i econòmica de la producció porcina”**. NdP final on s’informa sobre els principals resultats i recomanacions derivats del projecte OPTIPORC. La notícia es difondrà en nombrosos mitjans generalistes i especialitzats, així com webs d’associacions i productors. *Prevista pel 8 d’octubre de 2024*.
- Presentacions a Congressos:

Optimization of resource use and reduction of environmental impact in different pig genetics. M. Andón, B. Fernández, D. Torrallardona, J.P. Sánchez, L. Tey, M. Piñero, A. Arrazola, M. Ruiz, M. Nuñez, R. Quintanilla. Presentat al *14th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2024 (LCA Food 2024) “Healthy food systems for a healthy planet”*. 8-11 September 2024, Barcelona, Spain
- Jornades:

“Optimització de l’ús dels recursos i reducció de l’impacte ambiental en diferents genètiques porcines”, celebrada a Torre Marimon el 26 de setembre de 2024. A la Jornada, inclosa al Pla de Transferència Tecnològica de la Generalitat, es van exposar i debatre els resultats de la innovació obtinguts en el Grup Operatiu OPTIPORC. La jornada va comptar amb l’assistència de criadors, productors i professionals del sector porcí, i va permetre transferir al sector de la producció i la selecció porcines eines i coneixement per a que puguin orientar les estratègies per millorar la seva sostenibilitat ambiental i econòmica. El programa i continguts es poden trobar a: <https://transferencia.irta.cat/activitats/optimitzacio-de-lus-dels-recursos-i-reduccio-de-limpacte-ambiental-en-diferents-genetiques-porcines/>
- Publicacions (quatre publicacions actualment en desenvolupament):
 - Life Cycle Assessment of pig production with diferent genetic lines.
 - Physiological proxies of feed efficiency in pigs: exploring the predictive value of blood biochemical and haematological parameters.
 - Production efficiency and environmental footprint, associated issues.
 - Feeding strategies to reduce the pig production pollutant emissions.

Pàgina web del projecte

La informació sobre el projecte s’ha anat publicant al portal de l’IRTA (www.irta.cat) i a les pàgines web de les empreses integrants del Grup Operatiu: <https://www.batalle.com/>, <https://upbgw.wordpress.com/> i <https://www.gepork.es/>.

Altra informació del projecte

DATES DEL PROJECTE	PRESSUPOST TOTAL
Data d'inici: Juliol 2021	Pressupost total: 246.452,54 €
Data final: Setembre 2024	Finançament DACC: 113.972,67 €
Estat actual: Finalitzat	Finançament UE: 85.979,39 €
	Finançament propi: 46.500,48 €

Amb el finançament de:

Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01 (Cooperació per a la innovació) a través del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022.

Ordre ARP/113/2021, de 20 de maig, per la qual s'aproven les bases reguladores dels ajuts a la cooperació per a la innovació a través del foment de la creació de grups operatius de l'Associació Europea per a la Innovació en matèria de productivitat i sostenibilitat agrícoles i la realització de projectes pilot innovadors per part d'aquests grups, i Resolució ACC/1660/2021, de 27 de maig, per la qual es convoca l'esmentat ajut.



Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:
Europa inverteix en les zones rurals