



U SCIENCE TECH
FACULTAT DE CIÈNCIES
I TECNOLOGIA
UVIC-UCC

Treball de Fi de Grau

Estudi de l'efecte de la dieta única en plàstics sobre el desenvolupament de *Tenebrio molitor* (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae).

Raquel Sánchez García

Grau en Biologia
Nom: Raquel Sánchez García
Tutor/a: Daniel Ventura Pérez
Vic, Juny de 2017

ÍNDEX

Resum.....	3
Introducció.....	4
Objectius	8
Metodologia.....	9
Processat de les dietes.....	9
Preparació de la incubadora.....	10
Incubació de les larves.....	11
Reconeixement dels adults.....	12
Anàlisi de dades.....	14
Resultats i discussió.....	15
Conclusions.....	25
Bibliografia.....	27
Annexos.....	29

Resum de Treball de Fi de Grau – Biologia

Títol: Estudi de l'efecte de la dieta única en plàstics sobre el desenvolupament de *Tenebrio molitor* (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae).

Paraules clau: *Tenebrio molitor*, desenvolupament, poliestirè expandit, poliestirè extrudit, poliuretà, polietilè, civada

Els resultats d'un article publicat en dos parts al setembre del 2015 (Yu Yang *et al.*, 2015a i 2015b) mostraven la capacitat de les larves de *Tenebrio molitor* (L.) per digerir poliestirè, degradant-lo eficientment i podent-lo incorporar en part com a font d'energia pel creixement de la larva. En el context d'un planeta cada cop més contaminat de plàstics i on la producció de plàstic augmenta dia a dia per a diferents usos, aquesta capacitat obre la possibilitat d'estudiar noves vies per la degradació del plàstic i la seva ciclació ecològica. El treball que s'exposa a continuació pretén reproduir l'experiment de l'article de referència i provar la capacitat de les larves de *T. molitor* per degradar altres tipus de plàstics semblants al poliestirè. Per dur-lo a terme s'ha utilitzat una metodologia semblant a l'article de referència, afegint alguns canvis per adaptar-la al nostre estudi i millorar la fiabilitat dels nostres resultats. S'han disposat aleatòriament 300 larves de diferents mides en 6 grups de 50 larves cada grup. Els diferents grups han rebut diferents dietes i han estat en condicions ambientals estables de temperatura, humitat i llum. L'experiment ha constatat de 5 grups alimentats a base de 5 plàstics diferents d'ús habitual a la indústria (poliestirè expandit, poliestirè extrudit (de dos tipologies i característiques diferents), poliuretà i polietilè) i la dieta control (civada). Setmanalment es va controlar el pes i la mida de les larves, el pes de l'aliment i la presència/absència de mudes. Els resultats mostren una gran diferència entre la dieta control i les diferents dietes experimentals. En cap de les dietes experimentals s'aconsegueix que cap dels individus superi la fase larval, tots moren abans d'entrar en l'estadi pupa. També s'observa que el número de mudes retirades és més elevat en la dieta control que en la resta de dietes. La possible explicació d'aquesta diferència pot ser degut a que per la falta de contingut d'aigua adequat i de nutrients necessaris pel creixement en les dietes experimentals (plàstics) ocasioni disfuncions en el procés de desenvolupament que poden donar lloc a la disminució del nombre de mudes o a la falta total d'aquestes, o que degut a l'estrès alimentari en que es troben arribin a ingerir la seva pròpia muda. D'altra banda es poden apreciar petites diferències entre els efectes dels diferents plàstics. El polietilè és la dieta que té els efectes menys negatius sobre la mida i pes de les larves i, després de la dieta control, la dieta de la que més aconsegueixen alimentar-se les larves. Per contra, les dietes que causen pitjors efectes sobre les larves són els polietilens, tant l'expandit com els dos tipus d'extrudit. El polietilè expandit és el plàstic que menys mengen amb diferència i això pot ser degut al format de boletes que té, que el fa menys accessible que la resta.

INTRODUCCIÓ

Al setembre del 2015 es va publicar un article dividit en dues parts on es donava a conèixer la capacitat de la larva de *Tenebrio molitor* (L.) per degradar el poliestirè extrudit i on s'estudiava el mecanisme que utilitzen per dur-la a terme (Yu Yang *et al.*, 2015a i 2015b). La clau està en unes bactèries del sistema digestiu de les larves de *Tenebrio molitor* que poden degradar petites molècules de poliestirè i convertir-les en CO₂ i fècula en forma de fragments biodegradats. Segons els resultats de l'estudi, els cucs transformen el 47,7% del poliestirè ingerits en CO₂ i el 49,2% restant s'expulsava en forma de fècula en forma de fragments biodegradats (a més d'una petita fracció incorporada a la biomassa larval). Segons els resultats d'aquest treball, cada individu pot menjar un promig de 36 mil·ligrams de plàstic al dia (24h), degradant-lo i mantenint-lo al seu cos durant un temps. La capacitat de degradació d'aquest plàstic els ve donada per unes bactèries que tenen al sistema digestiu (*Exiguobacterium sp.*) que són les responsables directes de la biodegradació i mineralització del poliestirè ingerit. En un món cada cop més contaminat per plàstics, el poder de degradació del poliestirè d'aquesta espècie fa bastant interessant el seu estudi. També aquesta possibilitat obre l'opció a que no només siguin capaços de degradar el poliestirè extrudit, sinó que també ho puguin arribar a fer amb altres tipus de poliestirè i amb plàstics de composició i característiques semblants al poliestirè.

Tenebrio molitor (Linnaeus, 1758), anomenat també cuc de la farina, és una espècie de coleòpter de la família Tenebrionidae. En llibertat es poden trobar entre pedres i troncs o en magatzems de gra, sent una plaga per la producció de gra. Com descomponedors es poden alimentar d'insectes morts o fems, a part de plantes, fulles caigudes i llavors. Tenen la capacitat d'agafar aigua (hidratar-se) de l'aigua dissolta a l'aire. Com tots els coleòpters és un insecte holometàbol (metamorfosi complerta) i segueix un cicle de quatre estadis diferents: ou, larva, pupa i imago. Normalment és conegut per l'estadi larva, que són molt utilitzades com aliment viu en mascotes exòtiques insectívores com rèptils i aus. També s'utilitza amb freqüència com esquer per la pesca. Tenen un gran component lipídic degut a que necessiten reserves energètiques durant la metamorfosi. La larva també és comestible per als humans, degut a la gran quantitat de proteïnes pot servir per esportistes com esteroide natural i per la gent que vol baixar de pes. Són transmissors del paràsit *Hymenolepsis nana* (Cestoda, Platyhelminthes) per humans i altres animals.

Les fases de desenvolupament de *T. molitor* (Il·lustració 1) es caracteritzen per una fase larval amb diverses mudes, un estadi de pupa i finalment l'estadi adult o imago.



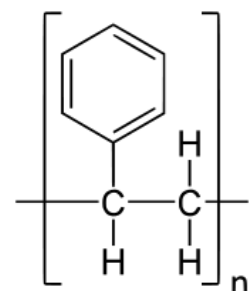
II-lustració 1: Estats de desenvolupament de *Tenebrio molitor* (L.). D'esquerra a dreta: larva, pupa i imago. (Foto: © Frits Bink)

T. molitor presenta plasticitat en el número de mudes durant el desenvolupament larval (Esperk *et al.*, 2007; Urrejola *et al.*, 2011). El número de mudes pot variar de 9 a més de 20, depenent de factors com la temperatura (Ludwig, 1956; Punzo & Mutchmor, 2010), la concentració d'oxigen (Loudon, 1988), la densitat de la població (Connat *et al.*, 1991), l'edat parental (Ludwig & Fiore, 1960) i la qualitat del menjar (Morales-Ramos *et al.*, 2010). El número de mudes de *T. molitor* augmenta en resposta a condicions ambientals adverses. Condicions molt dolentes poden causar l'estabilització del desenvolupament o, fins i tot fer que les dimensions es mantinguin estables o disminueixin en els estadis successius (Esperk *et al.*, 2007). Els factors ambientals afecten al temps de desenvolupament larval de forma similar a com ho fan amb el nombre de mudes (Morales-Ramos *et al.*, 2015).

L'estadi larval dura aproximadament 2 mesos. La pupa és blanca en un principi i s'anirà enfosquint tornant-se de color marró conforme vagi madurant. L'estadi pupa pot variar entre els 6 i els 30 dies, depenent de la temperatura ambiental.

Els adults presenten reproducció sexual i, encara que presenten dimorfisme sexual a nivell de genitalia, a simple vista no resulta fàcil diferenciar entre mascles i femelles. No són capaços de volar i, com tots els escarabats, tenen les ales anteriors (èlitrès) endurides. Només sortir de la pupa, els adults són de color blanquinós i tous. Amb els dies adquireixen el to marró fosc propi dels adults a l'anar endurint-se la quitina que forma l'exoesquelet i llavors seran sexualment madurs. Els adults poden viure 3 o 4 setmanes i gairebé no ingereixen aliment.

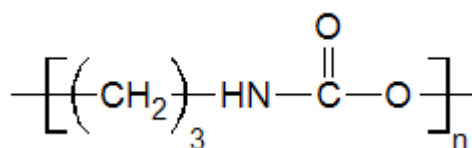
El poliestirè (II-lustració 2) és un plàstic (derivat del petroli) dels més utilitzats en tot el món degut a les seves propietats i el seu baix cost d'elaboració. Acostumem a veure'l fonamentalment en dues formes: extrudit o expandit. El poliestirè extrudit (XPS) és més dens i podem trobar-lo, per exemple, en les safates dels supermercats. El poliestirè expandit (EPS) en canvi té un aspecte característic en forma



II-lustració 2: Fórmula química del poliestirè

de perles o boles (conegut com porexpan) i s'utilitza en nombrosos paquets d'emalatge. Tots dos tenen una composició química idèntica (95% poliestiré i 5% gas). L'única diferència es troba en el procés de conformació, que fa que el poliestiré extrudit pugui mullar-se sense perdre les seves propietats. Tot i que les seves propietats són molt beneficioses per àmbits com la construcció, l'alimentació i el seu ús està molt normalitzat, aquests plàstics suposen un greu perill per al medi ambient ja que és molt difícil de degradar, amb un període de degradació de fins a 500 anys, i afecta sobretot a espècies marines que l'ingereixen. La problemàtica de contaminació que suposa l'acumulació d'aquest plàstic ha portat a ciutats com Nova York a la regulació i prohibició de l'ús d'aquests.

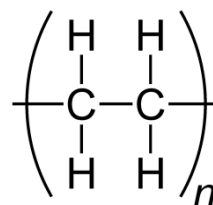
El poliuretà (PU) (II·lustració 3) es pot classificar en dos grups segons la seva estructura química, diferenciats pel seu comportament davant la temperatura: poliuretans termostables (es



II·lustració 3: Fórmula química del poliuretà

degraden abans de fluir) i poliuretans termoplàstics (flueixen abans de degradar-se). Els poliuretans termoestables més habituals són les escumes, molt utilitzades com aïllant tèrmic. Entre els poliuretans termoplàstics més habituals destaquen els utilitzats en elastòmers, adhesius segelladors d'alt rendiment, soles de calçat, pintures, fibres tèxtils, segelladors, embalatges, juntes, preservatius, components de l'automòbil, a la indústria de la construcció, del moble i múltiples aplicacions més.

El polietilè (PE) és el polímer químicament més simple (II·lustració 4). És un dels plàstics més comuns degut al seu baix preu i simplicitat en la seva fabricació, es produeixen aproximadament 60 milions de tones anuals arreu del món. Hi ha diferents tipus de polietilè segons el procés de fabricació:



II·lustració 4: Fórmula química del polietilè

PEBD (polietilè de baixa densitat) i PEAD (polietilè d'alta densitat). Els usos més freqüents dels polietilens són en les bosses de plàstic de qualsevol tipus, recobriments de sèquies, embalatge d'aliments i productes industrials (llet, aigua, plàstics...), base per bolquers, contenidors hermètics domèstics, tubs i poms de cosmètics i medicaments, canonades per al reg, joguines, biberons per bebès, calaixos de plàstic...

Per fer una aproximació al treball experimental que es presenta ara, es va realitzar un estudi previ on es provava la capacitat de *T. molitor* per completar un cicle alimentant-se només de poliestiré extrudit extret d'un plafó utilitzat en la construcció com a aïllament tèrmic. Per fer-lo es van disposar 3 rèpliques per la dieta de poliestiré i 3 rèpliques més per la dieta de civada (dieta control). Cada rèplica constava de 30 larves de *T. molitor* de menys de 1,5 cm de llargada i un tros en forma de bloc rectangular d'aquest plafó de poliestiré extrudit (XPS). Les rèpliques es van col·locar en una incubadora amb les condicions ambientals de temperatura, humitat i llum estables Els resultats no van ser bons ja que no es van

tenir diversos aspectes de la biologia i comportament d'aquesta espècie en compte, però va anar bé per poder planificar millor la metodologia del present treball. Degut a les mancances nutricionals del plàstic i al no haver individualitzat les mostres d'estudi (una larva per mostra en comptes d'un grup de 30) feia que les larves amb la dieta de poliestirè es mengessin els cossos d'aquelles que havien mort o fins i tot algunes que estaven pupant, evitant així l'intent d'alimentar-se del plàstic. A més el fet que el poliestirè estigués en format bloc no el feia accessible per les larves que únicament van aconseguir rossegar una mica la superfície del plàstic. Finalment, totes les larves de *T. molitor* exposades a la dieta de poliestirè van morir en 6 setmanes i cap va arribar a l'estadi pupa. D'altra banda, les larves alimentades amb la dieta de civada van arribar a adultes en un 80,34%.

També el treball de Yu Yang *et al.* (2015a i 2015b) compta amb alguns aspectes metodològics poc clars o que simplement no els aborda en el seu tractament experimental. Només utilitzen un tipus de plàstic i les característiques tècniques del poliestirè utilitzat per l'experiment no el donen en la seva totalitat (fan servir l'acrònim PS i l'anomenen Styrofoam, un apel·latiu que pot referir-se tant a poliestirè expandit (EPS) com a extrudit (XPS)), fent impossible poder saber quin tipus de poliestirè és del diversos existents, complicant la reproductibilitat de l'experiment. El seu disseny experimental està format per diverses rèpliques amb grups de larves de 500 individus per grup, i no aclareixen si també són extretes les mudes i les pupes (si que els morts són retirats, però no donen números concrets, impedit saber si es produeixen activitats de canibalisme), tampoc donen les mides dels contenidors on fiquen les larves, fan servir larves de mides de 2 a 2,5 cm de longitud que es situarien en els últims estadis del desenvolupament larval i només perllongant l'experiment durant 30 dies. La modificació d'aquests factors per separat o en conjunt poden fer variar considerablement els resultats que es puguin obtenir. Aquests fets, juntament amb d'altres, fa que es faci necessari comprovar si variant alguns dels aspectes de l'experiment és pot arribar a les mateixes conclusions.

En aquest context, en el present treball es pretén reproduir parcialment l'experiment de l'article de referència i provar la possible capacitat de les larves de *T. molitor* per degradar altres tipus de plàstic semblants al poliestirè, mesurant els efectes de cada dieta (plàstic) en el desenvolupament de *T. molitor*.

OBJECTIUS

- Provar la capacitat de *Tenebrio molitor* per degradar poliestirè i altres plàstics de característiques similars.
- Comprovar si la dieta de plàstics té efecte sobre en el cicle vital de *Tenebrio molitor*.
- Estudiar cómo afecta la dieta de plàstics al temps de desenvolupament.
- Analitzar els possibles efectes negatius causats per la ingesta de plàstic en els individus (malformacions o teratologies).
- Comparar les taxes de supervivència i mortalitat de l'espècie en les diferents dietes.

METODOLOGIA

Per assolir els objectius de l'estudi s'ha disposat un pla de treball on la prioritat és controlar el màxim nombre de variables per fer que totes les rèpliques, inclús entre diferents dietes, només difereixin en el tipus de dieta per poder comparar els resultats.

Un dels aspectes més important a tenir en compte és la disponibilitat de l'aliment, ja que no és igual d'accessible un bloc dur de plàstic que petits grans de civada o fins i tot blocs de plàstic de diferents densitats. Per fer tots els materials igualment accessibles es van processar els plàstics per intentar aconseguir una textura lo més similar possible als grans de civada.

PROCESSAT DE LES DIETES

Els plàstics utilitzats per l'experimentació i les seves característiques es mostren en la Taula 1. Les fitxes tècniques dels diferents plàstics amb les seves característiques es troben a l'Annex 1, excepte per el poliestirè extrudit (XPS safata) que no ha estat possible aconseguir-lo.

Taula 1: Característiques dels plàstics utilitzats per l'experimentació.

Plàstic	Origen	Densitat (kg/m ³)	Compressió (kPa)	Color
Poliestirè Expandit	Fàbrica	20	100	Blanc
Poliestirè Extrudit (safata)	Safata alimentària fresc	-	-	Blanc
Poliestirè Extrudit (plafó)	Fàbrica	-	250	Blanc
Poliuretà	Fàbrica	20	3,2 (40%)	Blanc
Polietilè	Fàbrica	28	75 (50%)	Blanc

Tots els plàstics s'han processat mitjançant un molinet elèctric model Retsch Grindomix GM200 als laboratoris del grup de recerca en Biodiversitat, Ecologia i Tecnologia i Gestió Ambiental i Alimentària (BETA) de la Universitat de Vic. Cada material va tractar-se de forma diferent per tal d'obtenir les característiques de trossejat desitjades (Taula 2).

Taula 2: Característiques del processat del plàstic

Dieta	Abreviatura	Temps (s)	Revolucions
Poliestirè Expandit	EPS	20	X1000rpm=10
Poliuretà	PU	20	X1000rpm=10
Poliestirè Extrudit (Safates)	XPS safata	35	X1000rpm=10
Poliestirè Extrudit (Fabrica)	XPS plafó	20	X1000rpm=10
Polietilè	PE	10	X1000rpm=10

Per al processat dels diferents plàstics s'ha d'eliminar tot rastre de matèria orgànica amb que pugui haver estat en contacte. En el cas de les safates d'aliment fresc de poliestirè extrudit, primer de tot es netegen a consciència amb sabó. Després es treu la primera capa de cadascun d'ells ja que, en el cas del poliuretà i els diferents tipus de poliestirè, solen tenir una capa fina d'un plàstic transparent o estan planxats i tenen una fina capa d'una altra densitat, i en el cas del polietilè, que s'oxida molt fàcilment i canvia el color a un to més groc s'elimina tota la capa oxidada (II-lustració 5).



II-lustració 5: Procés de retirada de la capa més superficial dels plàstics: poliestirè extrudit safata (1), poliuretà (2), polietilè (3) i poliestirè extrudit plafó (4).

Per tal de no tenir biaixos en els resultats, es neteja molt bé la màquina entre plàstic i plàstic per evitar que es contaminin les dietes amb altres plàstics. Un cop processada cada dieta es guarda en una bossa de plàstic de tancament hermètic i intentant eliminar el màxim d'aire possible de dins la bossa.

PREPARACIÓ DE LA INCUBADORA

Per a la incubació de les larves es disposa d'una incubadora model WTC Binder 7200 TUTTLINGEN/GERMANY als laboratoris de biociències de la Universitat de Vic. S'estableix una humitat del $51 \pm 0,0374165\%$ i una temperatura de $26 \pm 0,6252218$ °C per a l'òptim creixement de les larves (II-lustració 6).



Il·lustració 6 Incubadora muntada per l'inici de la fase experimental.

Per contenir les larves s'utilitzen pots de plàstic de 20 ml de volum, amb unes dimensions de 34 mm de diàmetre de boca i 43 mm d'alçada. Aquests pots de plàstic són esterilitzats mitjançant autoclau de vapor. S'emplenen els pots fins a la meitat aproximadament controlant que es posa una quantitat semblant dins de la mateixa dieta (Taula 3). L'aliment no ha de ser un factor limitant, així que es posa suficient aliment com per que sobri i no haver de tornar a omplir, ja que es controlarà la diferència del pes de l'aliment setmanalment (Il·lustració 7).

Taula 3: Pes inicial de les diferents dietes.

Dieta	Pes inicial mitjà(g)
Poliestirè Expandit	0,205
Poliuretà	0,237
Poliestirè Extrudit (safata)	0,327
Poliestirè Extrudit (fabrica)	0,313
Polietilè	0,210
Civada	3,585



Il·lustració 7: Exemple de pot amb la larva de *T. Molitor*.

S'omplen els 50 pots que hi haurà per a cada dieta i es distribueixen en 4 safates d'alumini. A cada safata hi ha una dieta i mitja d'una altra dieta. Es posa una safata amb aigua al terra de la incubadora per mantenir la humitat al voltant del 50%.

INCUBACIÓ DE LES LARVES

Les larves es compren a la botiga Terribilis de Badalona. Es seleccionen les larves més petites, establint un màxim de 15mm de longitud. Es compren un dia i es

deixen sense menjar fins al dia següent, que es reparteixen aleatòriament en els diferents pots individuals per a cada dieta. Es col·loquen individualment per evitar canibalisme i assegurar que la seva dieta és únicament de plàstic o, en el cas del control, de civada. Per garantir que les larves no esgoten l'oxigen dels pots, aquests es tapen amb parafina i es foraden per tal que pugui entrar l'oxigen.

Setmanalment es prenen mesures del pes mitjançant una balança de precisió (Satorius AX224 (max 220g, $d=0.1\text{mg}$)) i la mida de les larves utilitzant una regla mil·limètrica (Mitutoyo) (Il·lustració 8). Es separen les fems amb l'ajut d'unes pinces i es guarden en eppendorfs per poder-les pesar posteriorment i es pesa també l'aliment per veure la quantitat que consumeixen cada setmana. També es treuen i es guarden les mudes per evitar que se les mengin. Les caques i les mudes es guarden en eppendorfs etiquetats amb la data i el número de pot al que pertanyen. Els individus morts són pesats i mesurats i es guarden en eppendorfs amb etanol del 70%. La recollida de dades de cada safata d'alumini es fa en un dia diferent ja que no es poden fer totes en un dia per falta de temps. A partir de la sisena setmana es procedeix a la recollida de dades de totes les safates d'alumini, totes les rèpliques de totes les dietes, el mateix dia ja que el número de baixes fa possible que es pugui fer tot en un dia i, els festius en que tanca el laboratori, fa que s'hagi de reorganitzar la metodologia. Es segueix sempre el mateix ordre de pesatge per fer ajustar al màxim possible una setmana sencera.



Il·lustració 8: Exemple de mesura de larva de *T. molitor* amb la regla.

RECONeixEMENT DELS ADULTS

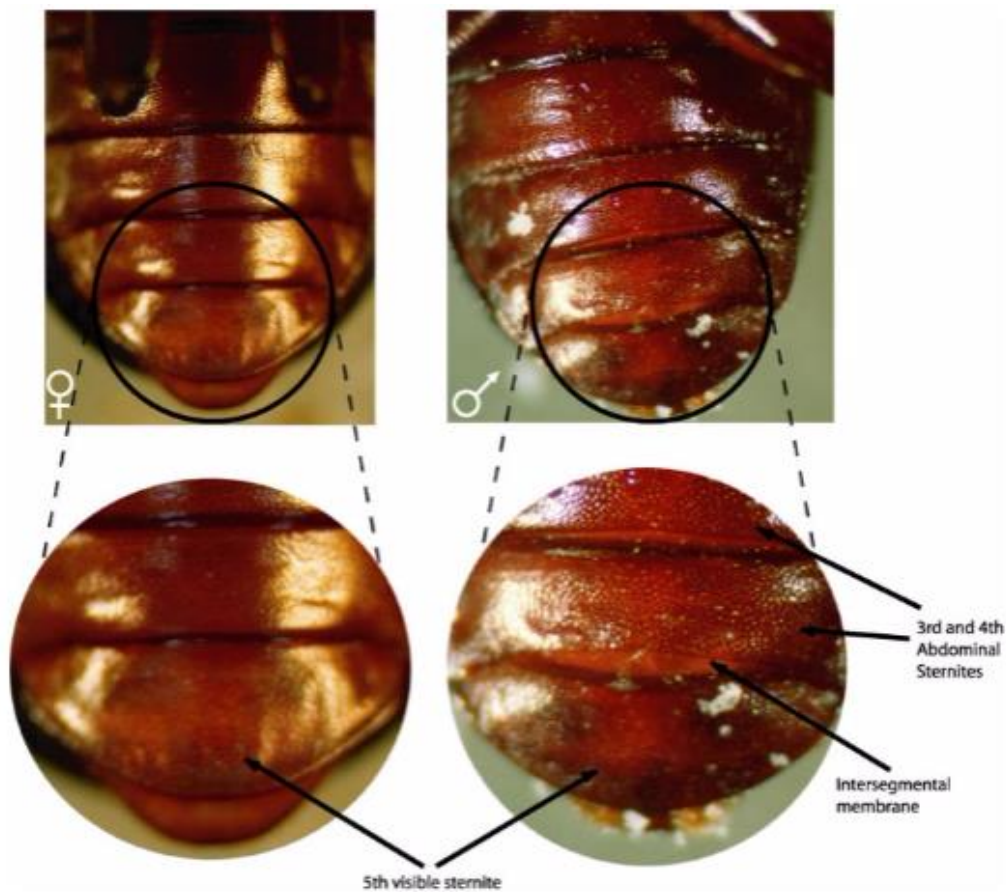
Un cop arribats a imagos, es procedeix a la observació de les característiques anatòmiques externes per corroborar si hi ha malformacions i si l'aparell reproductor està ben desenvolupat. Donat que *Tenebrio molitor* presenta dimorfisme sexual quan assoleix la fase pupa i adulta, es sexaran els adults ja que són més fàcils de diferenciar que en fase pupa.

Abans del reconeixement es deixa que l'escarabat acabi de quitinitzar bé ja que quan emergeixen de la fase pupa esdevenen adults una mica tous i després d'1 o 2 dies acaben d'endurir l'exosquelet.

Per sexar els adults es tenen en compte les característiques de la Taula 4 (Il·lustració 8) (Bhattacharya *et al.*, 1970):

Taula 5: Característiques distintives entre adults femelles i mascles de *T. Molitor*.

Femella	Mascle
Apertura menor entre els segments 5,6 i 7	Apertura major entre els segments 5,6 i 7 (3r, 4t i 5é segment abdominal)
Absència de membrana intersegmental	Presència de membrana intersegmental
Tíbia del primer parell de potes rectes	Tíbia del primer parell de potes corba
Estructura reproductora visible	Estructura reproductora amagada



Il·lustració 9: Diferències entre femella i mascle d'adults de *T. molitor*. En el cas de la femella es veuen sobresortir la genitèlia per fora la cinquè segment. Els mascles presenten una membrana intersegmental entre el quart i cinquè segment.

ANÀLISIS DE DADES

L'anàlisi estadístic de les dades recollides setmanalment es porta a terme mitjançant el programa estadístic R-Studio i l' Excel.

Totes les dades es van analitzar per a la normalitat i homocedasticitat. Les dades de les variables de pes de les larves, pes de l'aliment i mida de les larves segueixen una distribució normal però no hi ha homogeneïtat de variàncies, per tant s'analitzen amb el test no paramètric de Wilcoxon ($p < 0.05$).

L'anàlisi clúster es fa només amb els plàstics ja que ens interessa veure les semblances o diferències entre les diferents dietes de plàstic i, si tinguéssim en compte també la dieta control, el clúster ens retornaria 2 grups: el primer amb la dieta control (civada) i el segon grup amb la resta de dietes de plàstic i no ens reflectiria quins són els plàstics més semblants entre ells.

Per tal de poder comparar el creixement en totes les dietes tenint en compte les variables mida i pes s'utilitza la següent fórmula:

$$Creixement = \frac{\sum \frac{Pes}{Rang(pes)}}{\sum \frac{Mida}{Rang(mida)}}$$

RESULTATS I DISCUSSIÓ

La primera setmana del procés experimental es van escapar 17 larves, totes de la dieta de polietilè (PE). És per aquest motiu que aquesta dieta comença amb un número inicial d'individus menor a la resta. Creiem que el plàstic es va hidratar a la estufa, degut a la humitat, augmentant el seu volum i deixant accessibles els forats fets al tap del pot per la sortida de la larva.

Pel que fa a les mudes, es retiren moltes més mudes de la dieta control (Figura 1). Aquestes mudes estan gairebé totes senceres. Les poques mudes que es retiren de les dietes experimentals es troben menjades. Això indica que les larves que es troben sota les dietes experimentals tenen un estrès alimentari que les condueix a menjar-se la seva pròpia muda com a únic recurs de matèria orgànica disponible. Les larves de la dieta control no pateixen aquest estrès alimentari i per tant no necessiten menjar-se les mudes. Cal fer èmfasi en el fet que la dieta de PE mostra el major número de mudes senceres després de la dieta control i consta de 17 individus menys, per tant en una població de 50 individus pot ser es veuria una diferència en el número de mudes senceres retirades respecte la resta de plàstics.

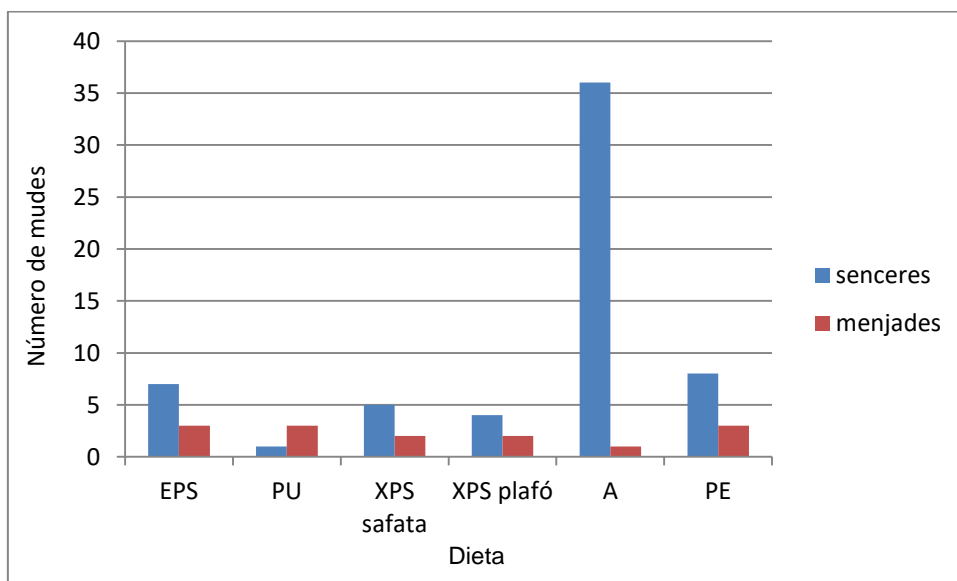


Figura 1: Número total de mudes retirades a cada dieta: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada, control), PE (polietilè).

S'observa, que la única dieta on no moren tots els individus és la dieta control (civada). Cap dels individus de les dietes experimentals arriba a l'estadi pupa, tots moren abans (Figura 2).

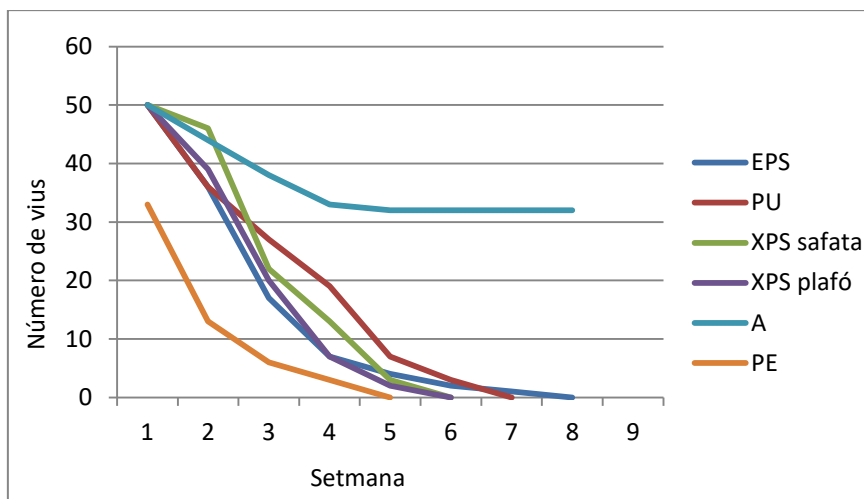


Figura 2. Corbes de supervivència de *T. molitor* en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada, control), PE (polietilè).

Pel que fa a la resistència dels individus en cada dieta experimental (plàstics) podem notar algunes diferències com per exemple que la dieta on moren abans totes les larves és la de PE i les dietes on més triguen en morir totes les larves són la de PU i EPS. La dada de la dieta de PE no es significativa ja que és la dieta amb menys número d'individus i aquest fet pot afectar en el temps de mort del total de la mostra d'aquesta dieta.

Les dietes de XPS safata i XPS plafó presenten una lleu resistència a la mort que després canvia dràsticament a partir de la setmana 2-3, on la pendent de mortalitat es fa molt més marcada.

El pes de les larves es una de les variables que ens pot indicar creixement. Com ja s'ha dit, les larves tenen un alt contingut lipídic que poden utilitzar per sobreviure un temps en cas que no trobin menjar. En aquest cas les larves redueixen el seu pes ja que consumeixen lípids per extreure l'energia necessària per viure. Per veure l'evolució setmanal dels pesos de les larves de cada dieta es fa un gràfic de línies (Figura 3).

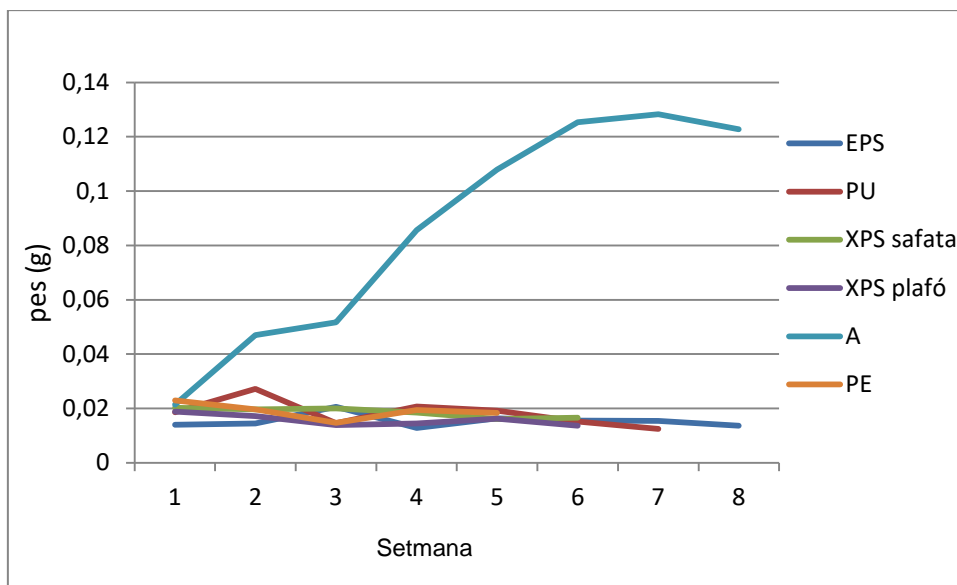


Figura 3: Evolució del pes de la larva mesurat cada setmana en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A(civada), PE (polietilè).

Es veu una gran diferencia entre l'evolució del pes en les larves sota les dietes de plàstic i la dieta control. Podem afirmar que l'única dieta on les larves guanyen pes considerablement és la dieta control. En la resta de dietes es veu una tendència a la disminució del pes. Es fa un gràfic de la pèrdua de pes en les diferents dietes experimentals, sense posar la dieta control, per veure millor les diferències en la pèrdua de pes de les larves a cada plàstic (Figura 4 i Annex 2).

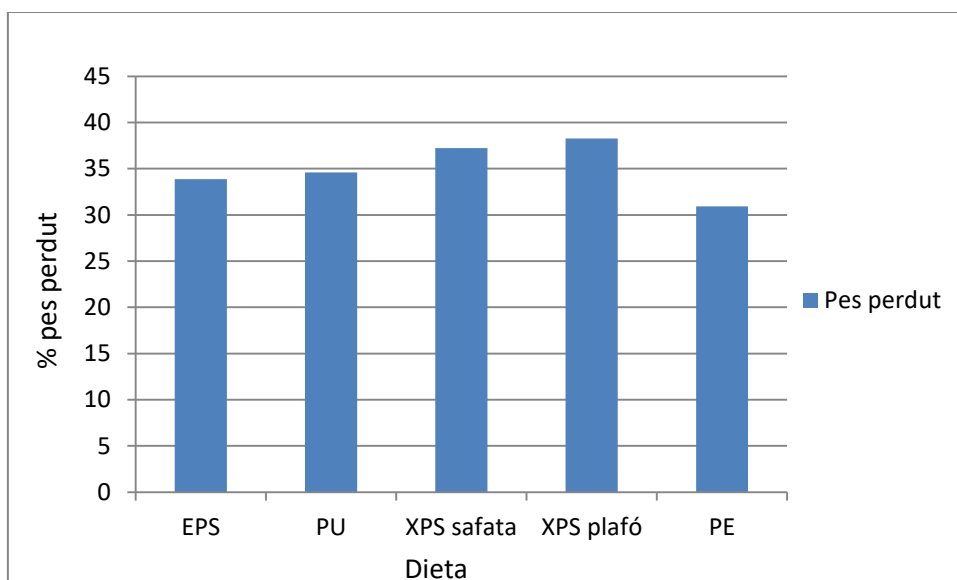


Figura 4: Proporción de pes perdut en cada una de les dietes experimentals: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), PE (polietilè)

Les larves de les dietes experimentals pateixen una pèrdua de pes amb diferències entre els diferents tipus de plàstic. El plàstic que menys afecta a la pèrdua de pes és el PE seguit del EPS i el PU. Sorprenentment, les dietes de XPS safata i XPS plafó, de les quals s'esperaven els millors resultats dins dels plàstics,

són les dietes que pitjor afecten al pes de les larves, són aquelles que més fan disminuir el pes de les larves.

La mida de les larves evoluciona de forma semblant al pes. Es poden separar els diferents tractaments en dos grans grups: el grup control d'una banda i tots els grups experimentals per l'altre banda (Figura 5).

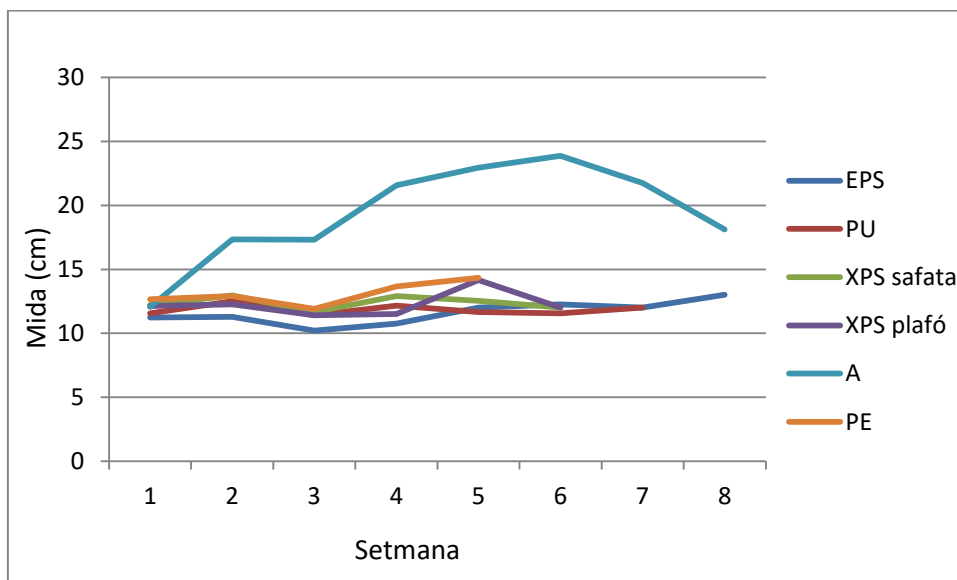


Figura 5: Evolució de la mida de la larva mesurat setmanalment en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada), PE (polietilè).

La dieta de civada (control) és la que més fa augmentar la mida de les larves. Tot i això, és veu una tendència de la resta de dietes a augmentar una mica la mida en les últimes setmanes del procés experimental. Això pot estar donat perquè, la mort de les larves més petites primer, deixa les larves més grans en les últimes setmanes i aquest fet fa augmentar la mitja, però no necessàriament vol dir que les larves hagin augmentat la seva mida, sinó que les larves més grans seran les últimes en morir. Les larves de les dietes experimental redueixen la seva mida (Figura 6).

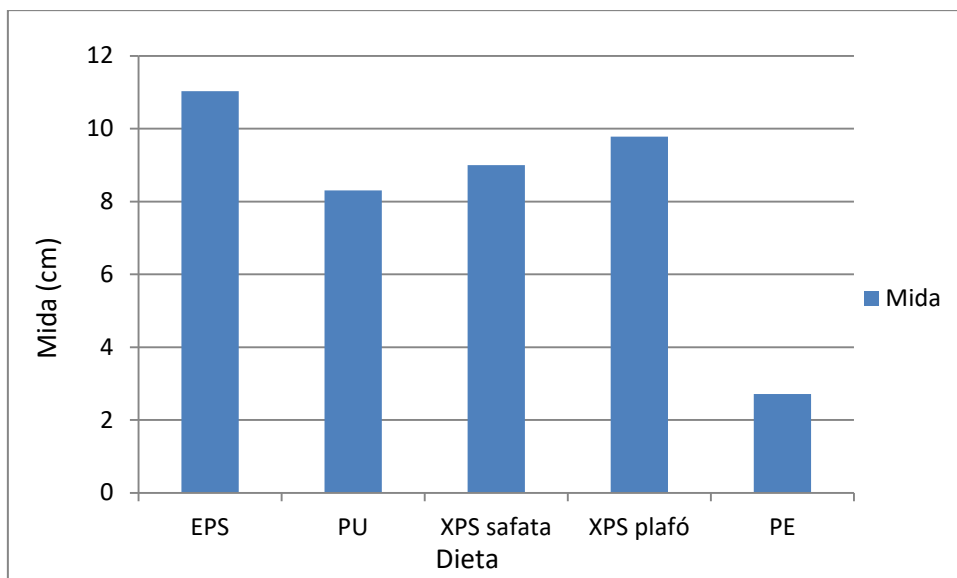


Figura 6: Decrement de la mida de la larva en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), PE (polietilè)

Dins dels plàstics veiem que el plàstic que menys mida fa perdre a les larves (el que menys les fa disminuir) és el PE. Les larves de les dietes de XPS safata i plafó i PU disminueixen considerablement la seva mida però la dieta que més fa disminuir el tamany de les larves és la de EPS (Figura 6 i Annex 3).

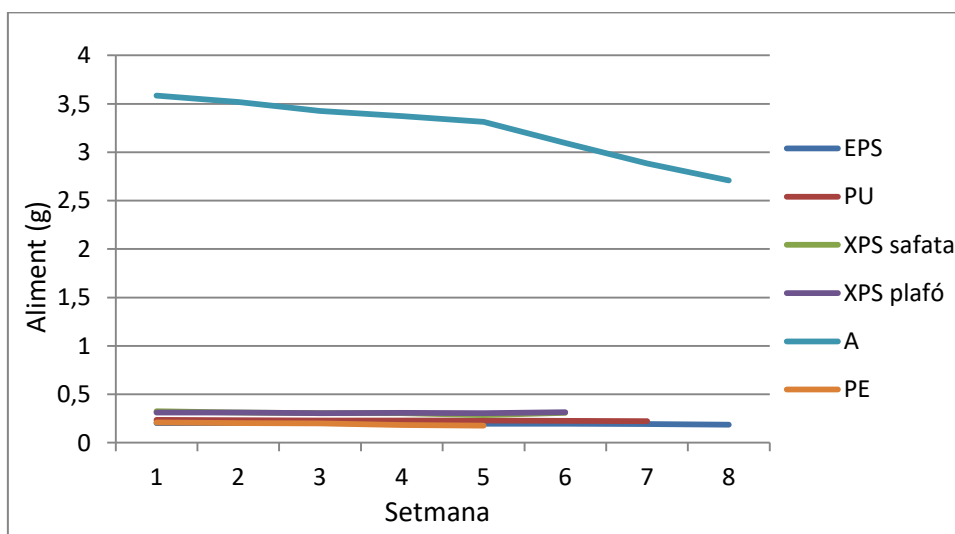


Figura 7: Evolució de l'aliment mesurat setmanalment en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada), PE (polietilè)

En el gràfic de la Figura 7 podem veure que inicialment l'aliment de les larves de la dieta control pesa més. Això és degut a que la civada pesa més que els plàstics. L'important en aquest gràfic és veure que la quantitat de civada va disminuint a poc a poc fins a la setmana 5 que disminueix més ràpidament. Això es pot explicar pel fet que a mesura que augmenten de mida, les larves ingereixen més quantitat d'aliment, ja que el seu cos i la seva boca augmenten i també el ritme d'ingesta. D'altra banda, s'observa que totes les dietes de plàstic segueixen una línia recta, sense pendent a simple vista. Això vol dir que la quantitat de plàstic ingerit no és

significatiu. Per analitzar millor la quantitat d'aliment ingerit es fa un gràfic amb el total d'aliment ingerit per les larves de cada dieta durant tota la fase experimental (Figura 8).

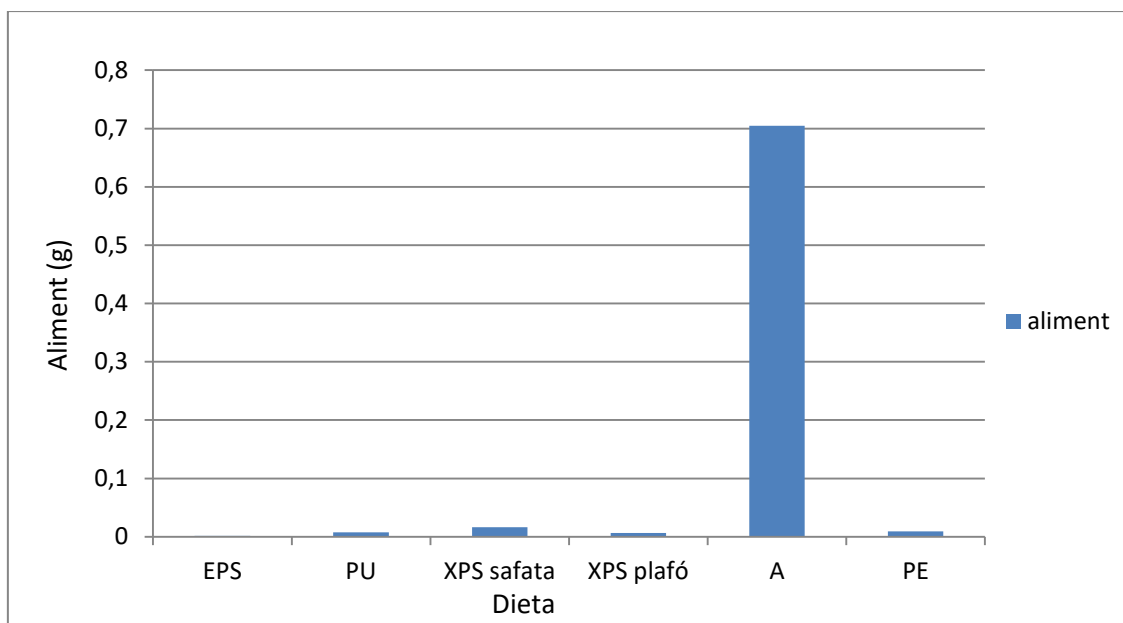


Figura 8: Quantitat d'aliment ingerit de cada dieta: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada), PE (polietilè).

Si comparem l'aliment ingerit pels diversos grups de dietes, a simple vista, es veu que hi ha una gran diferència entre la dieta control i la resta de dietes de plàstic. La gran diferència entre la dieta control i la resta de dietes impedeix veure clarament què passa amb les dietes de plàstic entre elles. Per això és necessari excloure la dieta control de la gràfica, per veure millor les diferències entre les dietes de plàstic (Figura 9).

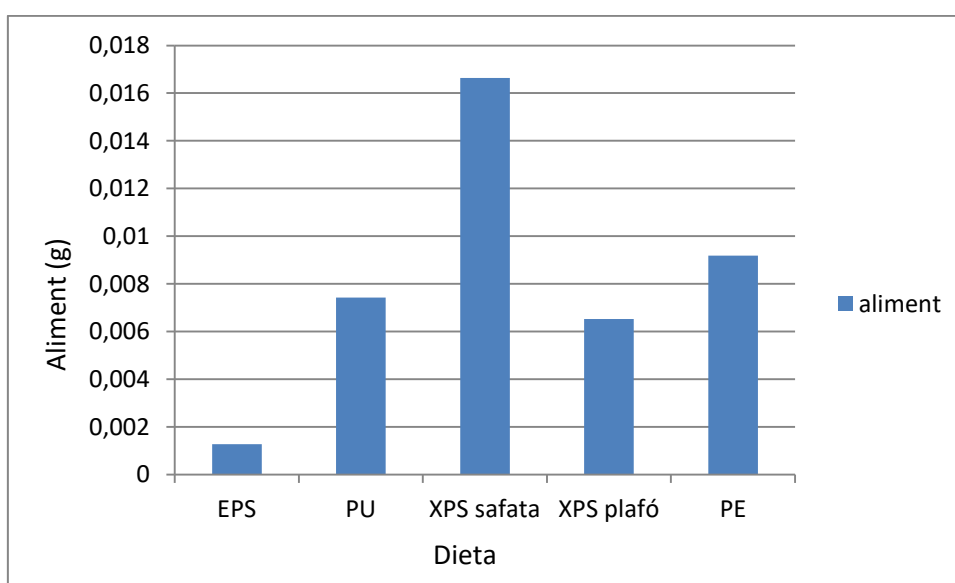


Figura 9: Quantitat d'aliment ingerit de cada dieta experimental: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), PE (polietilè).

Com ja s'ha vist, la dieta amb més quantitat d'aliment ingerit és la dieta control (civada). Dins dels plàstics, la dieta amb menys quantitat de plàstic consumit és la de EPS. Aquest fet pot ser donat pel format del plàstic. És a dir, el EPS es presenta en un format de boletes que poden ser menys accessibles per la ingesta que els trossos de plàstic de la resta de dietes. Pel que fa al plàstic amb més quantitat d'ingesta és el XPS safata. La diferència de proporció d'aliment ingerit entre les diferents dietes pot veure's influenciada per la metodologia del treball en la retirada de fems. Com s'explica en la metodologia, una part del treball al laboratori consisteix en la retirada de les fems per evitar que s'alimentin d'aquestes. Dins del procés de retirada de fems, una proporció molt petita de la dieta (plàstic o civada) era retirada juntament amb aquestes fems. Depenent el tipus de plàstic (textura, porositat...) la retirada de les fems era més fàcil (i per tant es retirava menys proporció de dieta) o més complicada, on es retirava també una part del plàstic barrejada amb les fems. Aquesta diferència de proporció de plàstic barrejat amb les fems pot fer variar la quantitat de pes de l'aliment i desviar així els resultats reals d'aquesta variable.

L'anàlisi clúster de les 3 variables (pes de la larva, mida de la larva i pes aliment) agrupa els plàstics d'acord amb els resultats de la Figura 10.

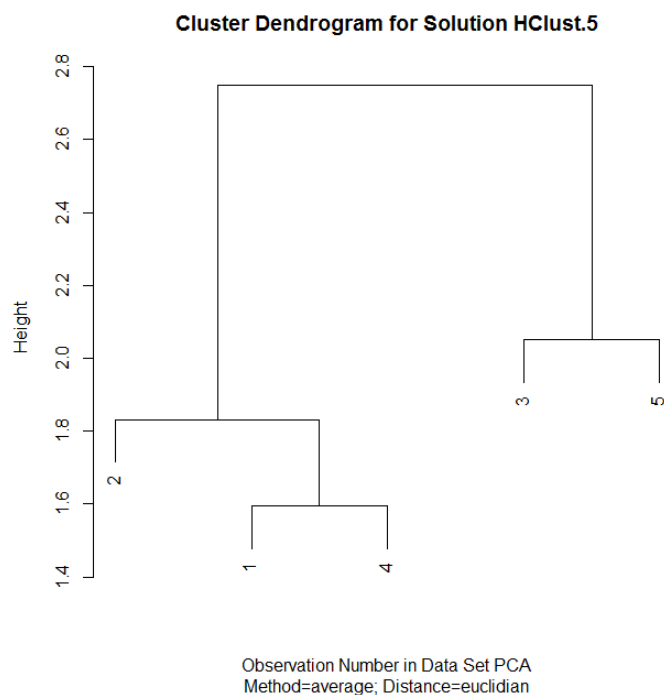


Figura 10: Dendrograma Clúster de les dietes experimentals: Nivell1: EPS (poliestirè expandit), Nivell2: PU (poliuretà), Nivell 3: XPS safata (poliestirè extrudit safata), Nivell 4: XPS plafó (poliestir extrudit plafó), Nivell 5: PE (polietilè).

Es diferencien 2 grans grups. Per una banda tenim els plàstics XPS safata i PE i per l'altre costat tenim el grup de EPS, XPS plafó i PU. Aquestes agrupacions es fan tenint en compte l'efecte dels plàstics sobre les tres variables estudiades, no té res a veure amb les característiques físiques o químiques dels plàstics. És per aquest motiu que els dos tipus de XPS es troben en grups diferents. Segons aquests dos grups, els plàstics que menys negativament afecten les larves de *T. molitor* són el grup format per XPS safata i PE. Els plàstics que afecten més negativament al desenvolupament de les larves són XPS plafó, EPS i PU. Curiosament, els plàstics agrupats junts com a "menys perjudicials" per les larves de *T. molitor* són també els plàstics menys densos.

Les variables mesura i pes de la larva estan correlacionades entre elles i inversament relacionades amb la variable aliment. Això vol dir que, quan augmenten la variable pes i mesura, la variable aliment disminueix.

El creixement a partir de les variables pes i mida s'analitza en la Figura 11.

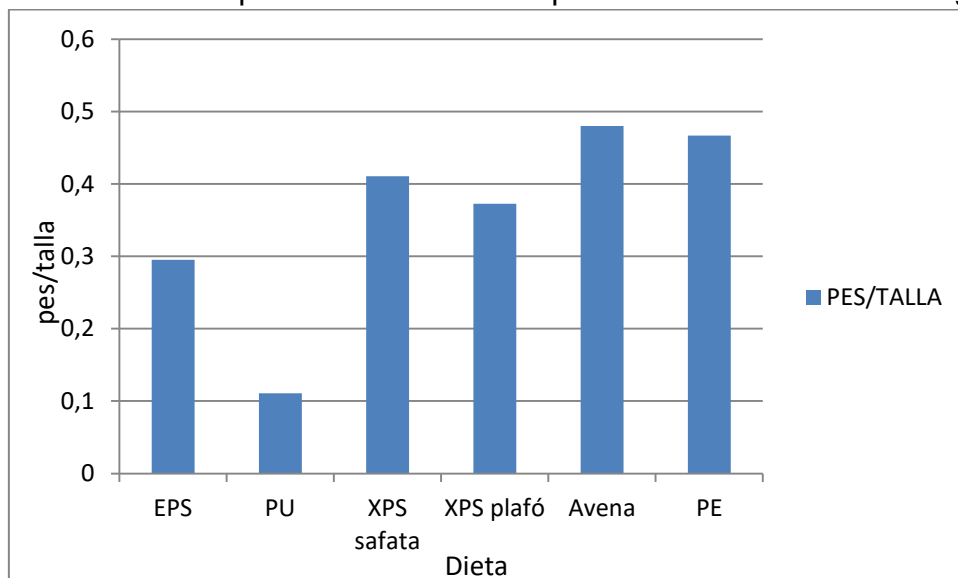


Figura 11: Gràfica del creixement estandaritzat (pes/mida) de les larves en les diferents dietes: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), A (civada), PE (polietilè).

Com era d'esperar, la dieta control és la que més fa augmentar el creixement de les larves. Com s'ha vist en la resta de gràfiques i testos estadístics, les dietes menys perjudicials pel que fa al creixement de les larves són el PE i XPS safata, després de la dieta control. Pel que fa la resta de dietes afecten una mica més negativament que aquestes tot i que el plàstic PU difereix molt de la resta de plàstics sent el més perjudicial amb diferència.

Les correlacions de la variable pes de la larva i data de la mort es fan per veure si realment el pes inicial de la larva té algun efecte sobre la data de la mort (Figura 12). Totes les dietes tenen una correlació positiva entre aquestes dues variables tot i que no és una correlació molt forta. El resultat de les correlacions de la

variable mida de la larva i data de la mort són semblant a les correlacions de la variable pes i data de la mort (Figura 13).

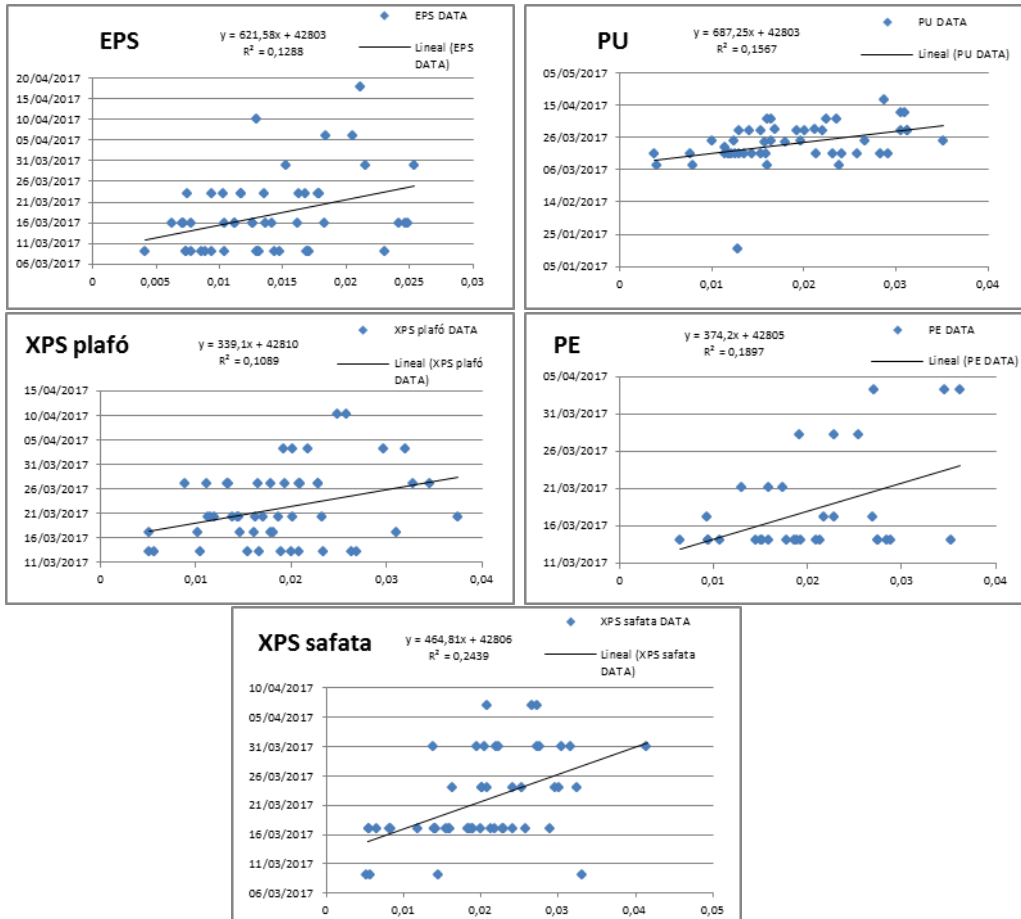


Figura 12: Correlacions de les variables pes de la larva (eix x) i data de la mort (eix y) per a cada dieta experimental: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), PE (polietilè).

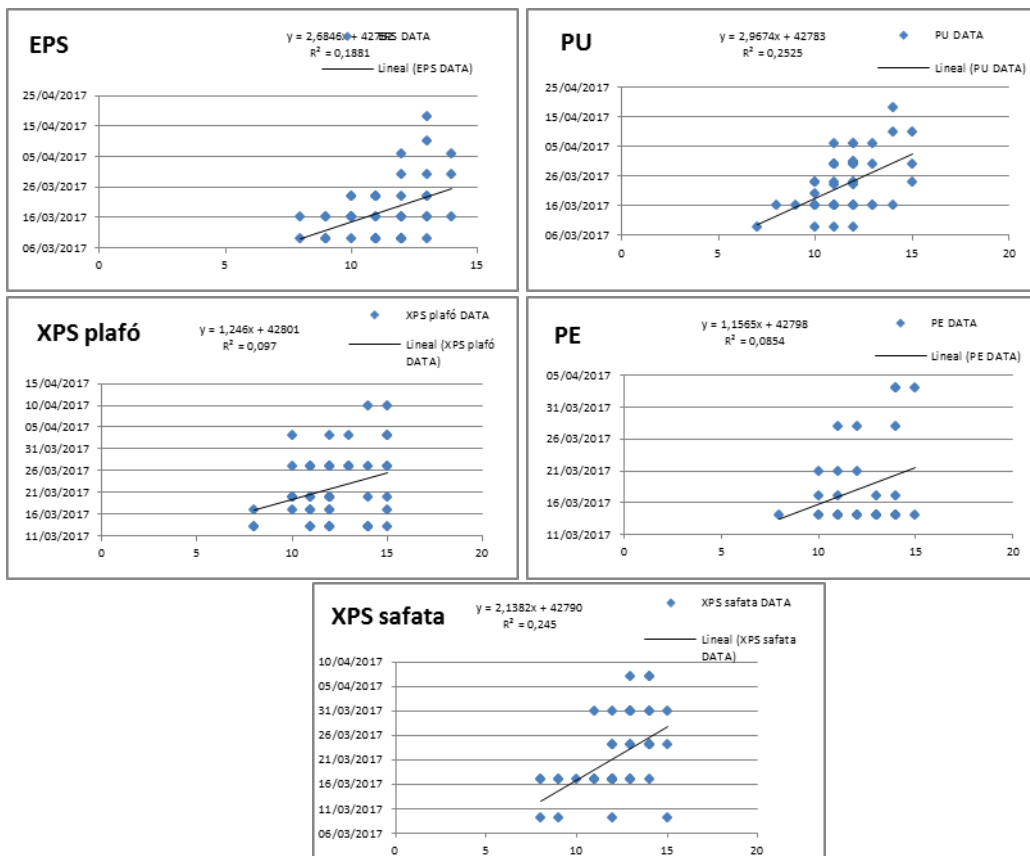


Figura 13: Correlacions de les variables mida de la larva (eix x) i data de la mort (eix y) per a cada dieta experimental: EPS (poliestirè expandit), PU (poliuretà), XPS safata (poliestirè extrudit safata), XPS plafó (poliestirè extrudit plafó), PE (polietilè).

CONCLUSIONS

L'estudi no ha donat els resultats esperats segons l'estudi de Yu Yang *et al.* (2015a i 2015b), ja que no s'ha aconseguit que cap individu de cap de les dietes experimentals (plàstics) superi l'estadi larval i assoleixi l'estadi pupa. Tot i que s'ha vist que si que són capaces de ingerir tots els tipus de plàstic en major o menor mesura no poden suportar una dieta exclusivament composta de plàstic. La capacitat de degradació del poliestirè per *T. molitor* no es nega, ja que aquest estudi no pretén la verificació de la seva capacitat de degradació però si que s'afirma que les larves de *T. molitor* no poden continuar el seu desenvolupament ni sobreviure amb una dieta exclusiva dels tipus de plàstic estudiats, al menys des de fases larvàries de mida igual o inferior a 1,5cm.

Les gràfiques de correlació de mida inicial-data de la mort i pes inicial-data de la mort mostren una relació positiva, és a dir, com més gran és la larva abans de sotmetre-la a la dieta de plàstic més triga en morir. Segons això, es podria fer un altre estudi on els diversos grups de larves a estudiar comencin la dieta de plàstic a un estadi larval diferent. És a dir, tenir diversos grups d'estudi de larves, on cada grup es diferencia dels altres per l'edat de les larves, tenint grups de larves de la primera setmana fins a larves a punt de convertir-se en pupa i veure quin dels grups té més eficàcia d'ingesta de plàstic i quin grup aconsegueix suportar millor la dieta i assolir l'estadi pupa, si es dona el cas. El terme eficàcia d'ingesta es refereix a la quantitat de plàstic ingerit per unitat de temps. És d'esperar que larves més grans siguin més eficients ingerint plàstic ja que l'aparell digestiu té els òrgans interns i externs (boca) més grans i poden captar més aliment però pot ser no és així.

També s'ha de tenir en compte que, com ja s'ha dit, les larves més grans triguen més en morir. Això pot ser explicat per l'elevat component lipídic de les larves, que les ajuda a aguantar vives un temps en condicions d'escassetat d'aliment. Per aquest motiu es podria explicar que les larves més grans, amb més quantitat de lípids al cos, aguantin més i per tant, s'hauria d'estudiar si hi ha algun estadi larval a partir del qual sigui rentable la ingesta de plàstic i no s'acabi amb la mort de la larva sinó que la larva pugui arribar a assolir l'estat pupa. Si no és possible que les larves de *T. molitor* (en cap de les fases larvàries) desenvolupin el cicle complet a partir de la dieta única de plàstic es podria provar a fer una mescla homogeneïtzada entre la dieta de plàstic i la dieta control (de matèria orgànica). La homogeneïtzació hauria d'impedir a la larva poder discriminar entre les dues dietes perquè sinó menjaria només la dieta orgànica i no es menjarien el plàstic. Així es podria degradar el plàstic sense que la larva acabi morint. Això té un cost més elevat ja que, si la intenció és, per exemple, fer una planta de digestió o degradació de plàstics a partir de les larves de *T. molitor*, s'hauria de comprar aliment per complementar la dieta de plàstic.

Tot i això, els resultats de l'estudi de referència i els d'aquest estudi difereixen molt. La manca d'informació com el tipus exacte de plàstic utilitzat (origen,

densitat, composició...) fan impossible la duplicació exacta de l'experiment i això pot fer variar els resultats. D'altra banda, la metodologia de l'estudi de referència no té en compte que les larves mengin exclusivament plàstic ja que, com en el nostre estudi previ, es posen totes les larves juntes amb un totxo de plàstic. Aquest fet fa que les larves puguin alimentar-se de matèria orgànica morta (cadàvers d'altres larves, fems i mudes) que complementa la seva dieta de poliestirè i les ajuda a assolir els següents estadis de desenvolupament.

D'altra banda, les larves de *T.molitor* utilitzades a l'estudi són criades al país on es desenvolupa l'estudi, i les que nosaltres utilitzem són del nostre país. Això pot afectar també als resultats ja que, com en tots els organismes vius, tot i ser la mateixa espècie, poblacions de diferents localitats o països tenen diferències entre elles. Per tant s'assumeix que, tot i ser molt semblants, la flora bacteriana intestinal pròpia de les larves utilitzades en l'estudi de referència és diferent en composició a la flora bacteriana pròpia utilitzada en l'estudi. La proporció de cada tipus bacterià dins de cada tub digestiu és diferent i això pot fer que unes larves degradin amb major eficàcia el plàstic que les altres.

BIBLIOGRAFIA

- Bhattacharya, A.K., Ameel, J.J. & Waldbauer, G.P. (1970). A Method for Sexing Living Pupal and Adult Yellow Mealworms. *Annals of the Entomological Society of America*, 63 (6): 1783.
- Connat, J.L., Delbecque, J.P., Glitho, I. & Delachambre, J. (1991). The onset of metamorphosis in *Tenebrio molitor* larvae (Insecta, Coleoptera) under grouped, isolated and starved conditions. *Journal of Insect Physiology*, 37 (9): 653-657, 659-662.
- Esperk, T., Tammaru, T. & Nylin, S. (2007). Intraspecific variability in number of larval instars in insects. *Journal of Economic Entomology*, 100 (3): 627-645.
- Loudon, C. (1988). Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels. *Journal of Insect Physiology*, 34 (2): 97-103.
- Ludwig, D. (1956). Effects of temperature and parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 49 (1): 12-15.
- Ludwig, D. & Fiore, C. (1960). Further studies on the relationship between parental age and the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Annals of the Entomological Society of America*, 53 (5): 595-600.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I. & Tedders, W.L. (2010). Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and Development Time under Different Diets. *Journal of Entomological Science*, 45: 75-90.
- Morales-Ramos JA, Kay S, Guadalupe Rojas M, Shapiro-Ilan DI, Tedders WL (2015) Morphometric analysis of instar variation in *tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 108: 146–159.
- Punzo F. & Mutchmor, A. (2010). Effects of Temperature, Relative Humidity and Period of Exposure on the Survival Capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 53: 260-270.
- Urrejola, S., Nespolo, R. & Lardies, M.A. (2011). Diet-induced developmental plasticity in life histories and energy metabolism in a beetle. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84: 523-533.
- Weaver DK, McFarlane JE (1990) The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 36, 531–536.

Yu Yang, Jun Yang, Wei-Min Wu, Jiao Zhao, Yiling Song, Longcheng Gao, Ruifu Yang & Lei Jiang (2015a). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environmental Science & Technology*, 49 (20): 12080-12086.

Yu Yang, Jun Yang, Wei-Min Wu, Jiao Zhao, Yiling Song, Longcheng Gao, Ruifu Yang & Lei Jiang (2015b). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 2. Role of Gut Microorganisms. *Environmental Science & Technology*, 49 (20): 12087-12093.

Pàgines web consultades:

Campillo S (2015) La larva que comía poliestireno.
<http://hipertextual.com/2015/10/poliestireno>

Ficha Gusano de la harina – Tenebrio molitor | TERRARTROPODA.
<https://terrartropoda.wordpress.com/2013/08/11/ficha-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor/>

NeoFronteras - Gusanos de la harina se alimentan de poliestireno
<http://neofronteras.com/?p=4778>

Gusanos que reciclan plástico no biodegradable: Tenebrio molitor - Geanatur.
<http://geanatur.com/gusanos-que-reciclan-plastico-no-biodegradable-tenebrio-molitor/>

Annex 1 – Fitxes tècniques dels diferents plàstics utilitzats a l'estudi.

Poliestirè expandit (EPS)

www.poliespor.com
977 67 11 00

POLIESPOR
SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

ELEMENTOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO POLIESPOR

■ CARACTERISTICAS TÉCNICAS

		N		N'		N''		N'''	
DENOMINACION COMERCIAL		POL 1	POL 2	POL 3	POL 4	POL 5	POL 7	POL 9	
DESIGNACION SEGÚN UNE - 13163	UNIDAD	I	II	III	IV	V	VII	IX	
		10	12	15	20	25	30	35	
Conductividad térmica máxima	W / (m · K)	0,045	0,045	0,039	0,036	0,034	0,033	0,033	
Resistencia a la flexión mínima	kPa	50	75	100	150	200	250	375	
Resistencia mínima a la compresión	kPa	-	-	55	100	150	200	250	
Clase de reacción al fuego	Euroclase	E	E	E	E	E	E	E	
Densidad nominal	Kg/m ³	10	12	15	20	25	30	35	
Densidad mínima	Kg/m ³	8	10,5	13	17,5	22	27	31,5	
Estabilidad dimensional en condiciones normales	%	± 0,2%	± 0,2%	± 0,2%	± 0,2%	± 0,2%	± 0,2%	± 0,2%	
Estabilidad dimensional en condiciones específicas	%	Inf 1%	Inf 1%	Inf 1%	Inf 1%	Inf 1%	Inf 1%	Inf 1%	
Resistencia a la difusión de vapor	1	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120	
Coefficiente de dilatación lineal	K ⁻¹	12·10 ⁻⁶	10·10 ⁻⁶	9·10 ⁻⁶	8·10 ⁻⁶	7·10 ⁻⁶	6·10 ⁻⁶	5·10 ⁻⁶	








¹ espesor ≥ 40 mm ² espesor ≥ 30 mm

DIMENSION	TOLERANCIA			
	Mecanizado	Plancha ¹	Bovedilla ²	Casetón ³
Longitud	± 6 mm	L1 (± 0,6% o ± 3 mm)	+ 30 mm , - 1,5%	-
Anchura	± 6 mm	W1 (± 0,6% o ± 3 mm)	+ 1%	± 1%
Espesor	± 3 mm	T1 (± 2 mm)	-	-
Altura	-	-	± 1,5%	± 1,5%
Espesor bajo nervio	-	-	1% , - 2 mm	1% , - 2 mm
Rectangularidad	S1 (± 5 mm / 1000 mm)		-	-
Planitud	P1 (± 30 mm)		-	-
Resistencia a punzonamiento cizalladura flexión.	-		> 1kN	> 1kN
Clase de reacción al fuego	M1		M1	M1


¹ Según norma UNE EN 13163:2002. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificaciones. Además de las normas: UNE EN 822, 823, 824, 825.

² Según norma UNE 53976:1998 y conforme con el artículo 11ª de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE), "Piezas de entrevigado" en concreto con el apartado 11.1 y 11.2.

³ Según norma UNE 53974:1998. Casetones o elementos de poliestireno expandido (EPS) para forjados reticulares.

Poliestirè extrudit (XPS plafó)

	ChovAFOAM 250 S
	PANELES DE AISLAMIENTO TÉRMICO. POLIESTIRENO EXTRUÍDO. XPS
	FICHA TÉCNICA Nº 81960A - REVISIÓN 3/15 CÉ

INFORMACIÓN COMPLETA DE LOS PANELES AISLANTES ChovAFOAM 250 S

Ver "Declaración de Prestaciones – DoP" en: DoP_E_81960A_13164_CHOVAFOAM250S30_v03 (Y otras referencias) Ver Mercado CE, completo, en: DoP_E_81960A_13164_CHOVAFOAM250S30_v03 (Y otras referencias)
ASFALTOS CHOVA, S. A. Ctra. Tavernes a Liria, km 4,3. 46760 TAVERNES DE LA VALLDIGNA. Valencia
Descripción del panel: Panel de espuma rígida de poliestireno extruido, XPS, de estructura celular cerrada, utilizables como aislamiento térmico. Usos según: Normas EN 13164, UNE 92325:2012 IN y "CEC" del CTE. (Catálogo de Elementos Constructivos) Panel aislante térmico de poliestireno extruido, XPS, de 1.250 mm x 600 mm y espesor según tipo. (Existe también la presentación 2.600 mm x 600 mm). Acabado lateral, "recto". Recomendado: en suelos, muros enterrados, etc. No utilizar a temperatura superior a 65 °C. ALMACENAJE: con la presentación original y los paquetes protegidos del sol (Rayos U. V.).

CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD	NORMA
Reacción al fuego. Características de Euroclases	Clase E	--	EN 13501-1
Combustión con incandescencia continua. (Método de ensayo en elaboración. Se definirá valor cuando aplique la Norma)	NPD		PrEN xxx
Permeabilidad al vapor de agua. Transmisión de vapor de agua	80	(μ)	EN 12086
Resistencia térmica. Conductividad Térmica.	Espesor mm	R ₀	
λ ₀ = 0,031 W / m K, de 30 mm	30	0,95	m ² K / W
λ ₀ = 0,034 W / m K, de 40 mm a 60 mm	40	1,20	m ² K / W
	50	1,50	m ² K / W
	60	1,80	m ² K / W
λ ₀ = 0,036 W / m K, de 70 mm a 80 mm	70	1,90	m ² K / W
	80	2,20	m ² K / W
Permeabilidad al agua. Absorción de agua a largo plazo	≤ 0,7		EN 12087
Resistencia a la compresión. Contracción a la compresión en la resistencia a compresión	≥ 250	kPa	EN 826
Resistencia a la tracción/flexión. Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	≥ 900	(σ _m TR900)	EN 1607
Durabilidad de la reacción al fuego en relación a la exposición al calor o a la intemperie, al envejecimiento/degradación	NPD		
Durabilidad de la resistencia térmica en relación a la exposición al calor o a la intemperie, al envejecimiento/degradación	NPD		
Durabilidad de la resistencia a la compresión en relación al envejecimiento/degradación	NPD		
CODIGO DESIGNACIÓN CE	EN 13164 - T1 - DS(70,-) - DS(70,90) - CS(10/Y)250 - WL(T)0,7		

Fecha: 02 de Enero de 2015

www.chova.com

Polietilè (PE)

Typical Physical Properties

Ethafoam® 180 – Thickness 50mm

Physical Properties	Test Method	Unit	Typical Physical Properties Ethafoam 150
Density	ASTM D3575-08 Suffix W ISO 845:2006	Kg/m ³	28
Compressive Strength Vertical @ 10% Vertical @ 25% Vertical @ 50% (100 m/min compression speed)	ASTM D3575-08 Suffix D ISO 7214:2007	KPa	40 55 105
Compressive Strength Vertical @ 25% 4 th comp. Vertical @ 50% 4 th comp. Vertical @ 70% 4 th comp.	ISO 3386 1986 part 1 DIN 53577	KPa	25 75 185
Compression Set	ASTM D3575-08 Suffix B (50% compression) ISO 1856:2000 (25% compression)	%	< 25 < 10
Compressive Creep	ASTM D3575-08 Suffix BB 168 hrs	%	< 5 (1,25 psi / 8,75 kg/dm ²)
Compressive Creep	ASTM D3575-08 Suffix BB 1000 hrs	%	< 10 (1,3 psi / 9,1 kg/dm ²)
Thermal Stability	ASTM D3575-08 Suffix S ISO2796	%	< 2
Tensile Strength @ peak (MD/CD)	ASTM D3575-08 Suffix T ISO 1798: 2008	KPa	172 137
Tensile Elongation (MD/CD)	ASTM D3575-08 Suffix T ISO 1798: 2008	%	39 31
Tear Strength (MD/CD)	ASTM D3575-08 Suffix G	N/cm	17 17
Water Absorption	ASTM D3575-08 Suffix L ISO 2896: 1986	Volume %	< 3
Static Decay (antistatic grade-dissipative)	EIA STD 541 - 1988 Appendix F	Sec	-
Surface Resistivity (antistatic grade-dissipative)	EIA STD 541 -1988 Section 4.3	Ohms/squ are	-
Surface Resistance (antistatic grade-dissipative)	IEC 61340-5-1, ed.1 2007	Ohms	-

The data presented for this product is for unfabricated Sealed Air Corporation Ethafoam®. While values shown are typical of this product, they should not be construed as specification limits.



Specialty Materials
Sealed Air Polska z.o.o
Ul Ozarowska 28 A
05-850 Ozarów Mazowiecki
Duchnice
Poland

Corporate Office: Sealed Air Corporation
200 Riverfront Blvd, Elmwood Park, NJ 07407 www.sealedair.com
© Reg. U.S. Pat. Off. © Sealed Air Corporation 2008. All rights reserved. Printed in the U.S.A.

Poliuretà (PU)

	FICHA TÉCNICA	FT-0415	
		Edición 1/2009	Pag. 1/1

Ficha Técnica de Producto

Referencia ESVA: ESVAPUR T20 D

Descripción:

Espuma de poliuretano flexible en base poliéter con estructura regular de poro fino.

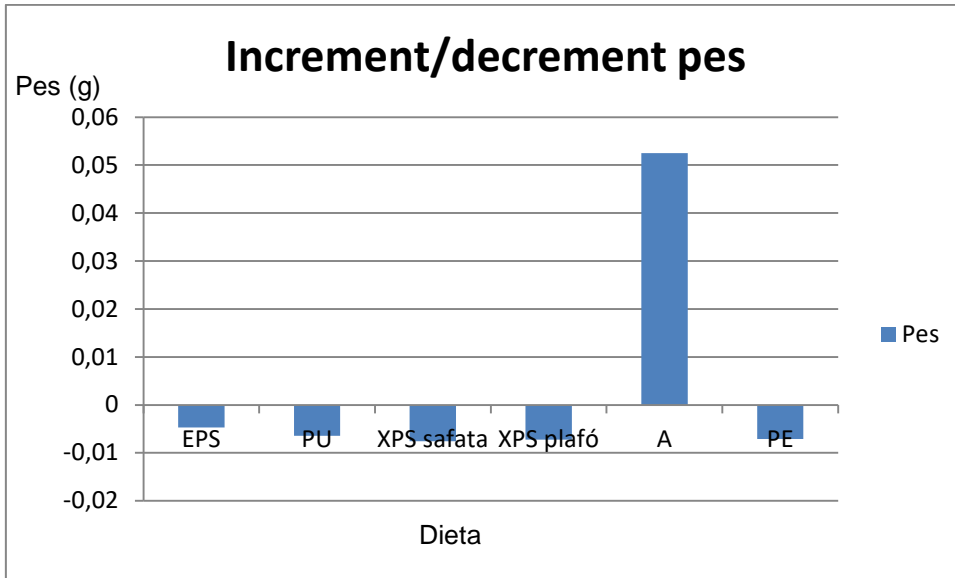
Características:

CARACTERISTICA	TEST	UNIDAD	VALOR MEDIO
Densidad Neta	UNE EN ISO 845	Kg/m ³	20+/-1
Dureza a compresión (40%)	UNE EN ISO 3386	KPA	3.2+/-15%
Dureza indentación (25%)	UNE EN ISO 2439	N	105 +/- 15%
Dureza indentación (40%)	UNE EN ISO 2439	N	140 +/- 15%
Dureza indentación (65%)	UNE EN ISO 2439	N	250 +/-15%
Deformación Remanente 50%	UNE EN ISO 1856	%	<6%
Resistencia a la tracción	UNE EN ISO 1798	Kg/cm ²	>0.8
Alargamiento	UNE EN ISO 1798	%	>170
Resistencia al desgarro	UNE EN ISO 8067	N/m	>200

Los datos arriba indicados corresponden la transcripción de la ficha técnica de nuestro proveedor el cual indica que estos resultados se desprenden de sus conocimientos y experiencia reservándose el derecho de posteriores alternativas en otros desarrollos.

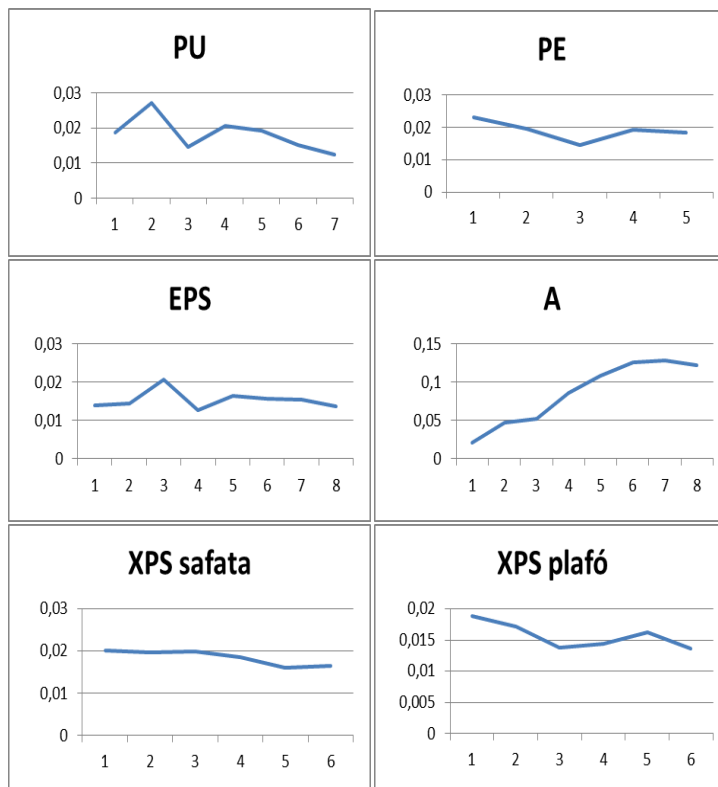
Redactado Revisado		Aprobado	
David Hernandez 8/07/2009		Jorge Fatás 8/07/2009	
DISTRIBUCION DE COPIAS			
Gerencia	<input checked="" type="checkbox"/> Administración	Comercia 1	<input checked="" type="checkbox"/> Compras
			Fabrica
			Expedición.
			Calidad
			<input checked="" type="checkbox"/>

Annex 2

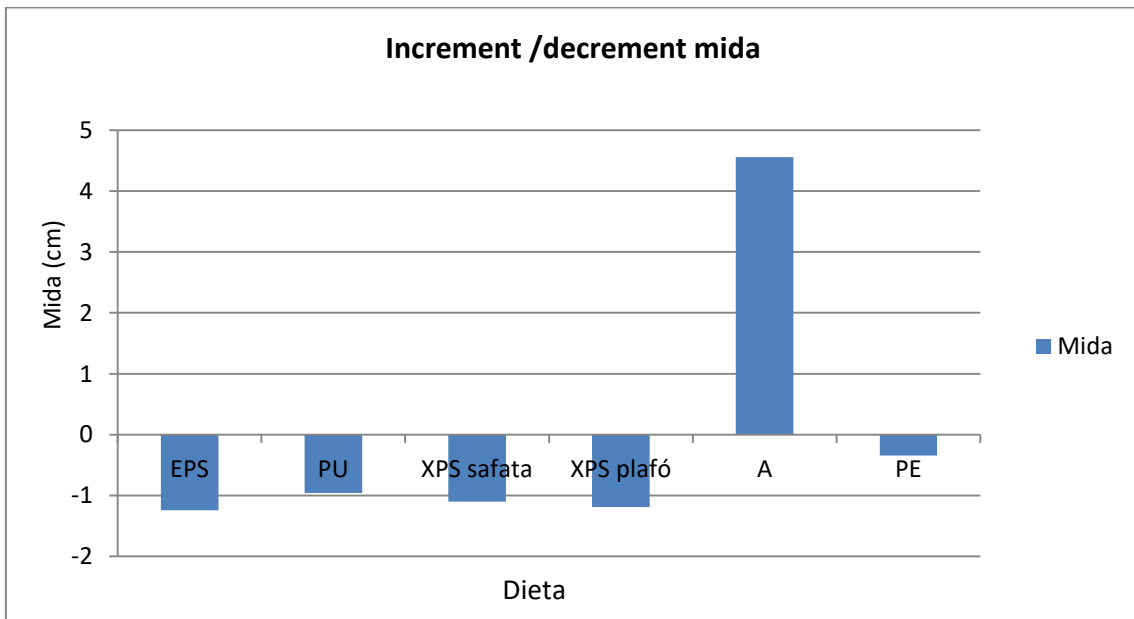


Dieta	EPS	PU	XPS safata	XPS plafó	A	PE
Proporció guanyat/perdut	-33,86%	-34,61%	-37,21%	-38,26%	244,71%	-30,92%

Evolució pes (eix y) al llarg de les setmanes (eix x)

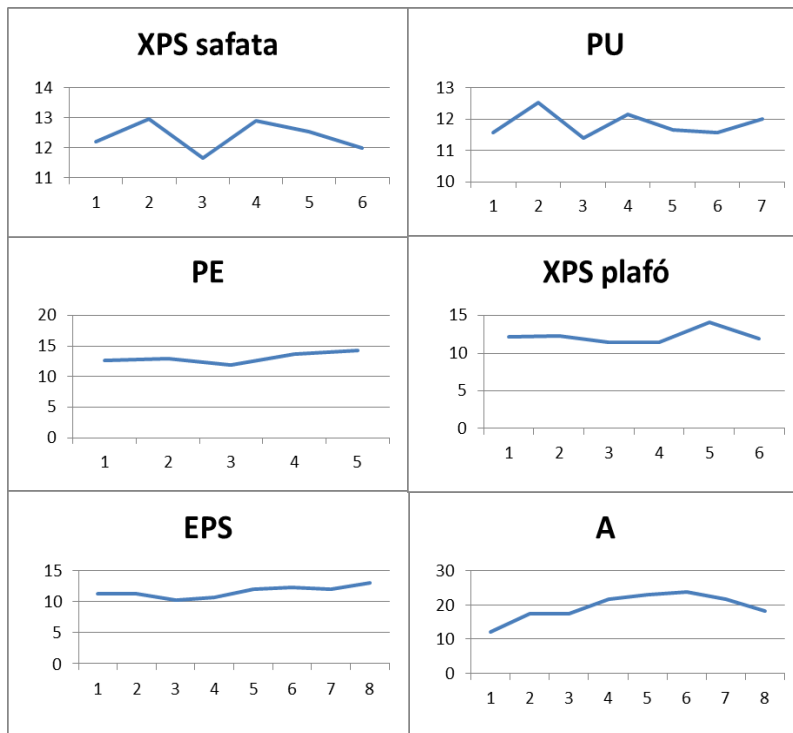


Annex 3



Dieta	EPS	PU	XPS safat	XPS plafó	A	PE
Proporció guanyada/perduda (%)	-11,03+	-8,30%	-9,00%	-9,78%	37,81%	-2,72%

Evolució mida (eix y) al llarg de les setmanes (eix x)



Dieta	PE	PU	XPS safata	XPS plafó	A	PE
Proporció aliment ingerit	0,62%	3,12%	5,09%	2,08%	19,65%	4,37%

