

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRARIA

GRAU EN CIÈNCIA I SALUT ANIMAL

TREBALL FINAL DE GRAU

APLICACIÓ DE RACIONAMENT EQUÍ: NUTRECU

ALUMNA: Laura Vilà Casas
TUTOR: Jordi Maynegre Santaulària

25 d'Octubre de 2015

Contingut

RESUM.....	4
INTRODUCCIÓ	6
CAPITOL 1. EL SECTOR EQUÍ.....	6
1.1. SITUACIÓ: MÓN, EUROPA, ESPANYA I CATALUNYA.....	6
1.2. PRODUCCIÓ DE CARN	8
1.2.1. Situació del cavall de carn al Món	9
1.2.2. Situació del cavall de carn a Europa	9
1.2.3. Situació del cavall de carn a Espanya	10
1.2.4. Situació del cavall de carn a Catalunya	11
1.3. ASPECTES ECONOMICS	12
1.3.1. Concepte d'impacte econòmic	13
1.3.2. Impacte econòmic del sector dins la Unió Europea	14
1.3.3. Contribució del sector equí a l'economia espanyola	14
1.4. INDÚSTRIA ALIMENTARIA.....	16
CAPÍTOL 2. ANATOMIA I FUNCIO	18
2.1. PERSPECTIVA GENERAL	19
2.2. EQUILIBRI	19
2.3. EL COLL	21
2.4. EXTREMITATS ANTERIORS.....	23
2.4.1. Des de l'escàpula fins al genoll	23
2.4.2. El pit.....	24
2.5. EL DORS.....	25
2.6. POSTERIORS.....	27
2.6.1. La unió sacrolumbar, la pelvis i la articulació sacroilíaca.	27
2.6.2. Del maluc al garró.	28
2.7. EL CASC	30
CAPITOL 3. SISTEMA DIGESTIU	32
3.1. ANATOMIA I FUNCIO GENERAL.....	32
3.1.1. Cavitat bucal, llavis i llengua	32
3.1.2. Dentició.....	33

3.1.3.	L'esòfag.....	34
3.1.4.	L'estomac	35
3.1.5.	Intestí prim	37
3.1.6.	Intestí gros	40
3.2.	ENERGIA.....	46
3.2.1.	Utilització de l'energia	46
3.2.2.	Metabolisme de substrats energètics.....	47
3.3.	PROTEÏNA.....	49
3.3.1.	Utilització proteica	49
3.3.2.	Metabolisme proteic.....	51
3.4.	MINERALS.....	53
3.4.1.	Macrominerals	53
3.4.2.	Microminerals	55
3.4.3.	Metabolisme dels minerals	57
3.5.	VITAMINES	57
3.5.1.	Vitamines liposolubles	58
3.5.2.	Vitamines hidrosolubles	59
CAPÍTOL 4.	NECESSITATS (INRA).....	61
4.1.	MANTENIMENT DEL CAVALL ADULT.....	61
4.1.1.	Consum de matèria seca ingerida (MSI)	61
4.1.2.	Necessitats energètiques (UFC).....	62
4.1.3.	Necessitats proteiques (MNDC)	64
4.1.4.	Macrominerals, oligoelements i vitamines	64
4.1.5.	Exemples	65
4.2.	NECESSITATS DE L'EUGA GESTANT (Ng).....	66
4.2.1.	Consum de matèria seca ingerida (MSI)	66
4.2.2.	Necessitats energètiques (UFC) i proteiques (MNDC)	66
4.2.3.	Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines	67
4.2.4.	Maneig nutritiu de l'euga gestant.....	67
4.2.5.	Exemples.....	68
4.3.	NECESSITATS DE L'EUGA LACTANT	69
4.3.1.	Consum de matèria seca ingerida (MSI)	69

4.3.2. Necessitats energètiques (UFC) i proteiques (MNDC)	69
4.3.3. Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines	69
4.3.4. Exemples.....	70
4.4. NECESSITATS DELS CAVALL EN CREIXEMENT (Nc)	71
4.4.1. Necessitats de manteniment	72
4.4.2. Necessitats energètiques i proteiques.....	73
4.4.3. Maneig del poltre en creixement.....	75
4.4.4. Exemple.....	75
4.5. NECESSITATS DEL CAVALL D'OCI I D'ESPORT (Nt)	76
4.5.1. Necessitats de manteniment.....	76
4.5.2. Necessitats energètiques durant l'esforç.....	76
4.5.3. Necessitats proteiques durant l'esforç	79
4.5.4. Necessitat de macrominerals , oligoelements i vitamines.....	80
4.5.5. Exemples.....	81
CAPITOL 5. VALOR NUTRITIU DELS ALIMENTS.....	82
5.1. CONSTITUENTS ORGÀNICS.....	83
5.2. DETERMINACIÓ DEL VALOR ENERGÈTIC DELS ALIMENTS (UFC)	84
5.2.1. Digestibilitat de la matèria orgànica (dMO)	84
5.2.2. Energia bruta (EB)	86
5.2.3. Energia digestible (ED)	87
5.2.4. Energia metabolitzable (EM)	87
5.2.5. Energia neta (EN)	88
5.2.4. UFC	88
5.3. DETERMINACIÓ DEL VALOR PROTEIC DELS ALIMENTS (MNDC)	89
5.3.1. Digestibilitat de la proteïna (MND)	89
5.3.2. MNDC	90
5.4. CONTINGUT MINERAL DELS ALIMENTS.....	90
5.4.1. Calci	90
5.4.2. Fòsfor	91
5.4.3. Magnesi.....	91
5.4.4. Sodi	91
5.4.5. Potassi i clor.	92

5.5. ALIMENTACIÓ PRÀCTICA BÀSICA	92
MANUAL	96
1. Valoració dels aliments	96
2. Necessitats nutritives	99
3. Plantejar una ració.....	100
4. La ració	101
Bibliografia	103

RESUM

Als anys 70, l'alimentació equina estava basada amb els sistemes nutricionals establerts per als remugants: per l'energia, el sistema d'unitats farratgeres (UF) escandinaves a Europa del Nord i les UF Leroy a França, l'equivalent al midó (EA) a Alemanya i alguns països de l'Europa central, el sistema TDN (total digestible nutrient) a Amèrica del Nord. Per la proteïna, els sistemes de proteïna variable digestibles (PVD) i la matèria nitrogenada digestible (MND). L'Institut Nacional de la Recerca Agronòmica (INRA) elaborà, entre els anys 70-80, els sistemes nutricionals específics per als cavalls i, encara avui dia, segueix investigant per actualitzar i ampliar aquest sistema nutricional, que tot i ser el d'un monogàstric és prou complexa.

Si bé queden moltes preguntes sobre el funcionament nutritiu dels cavalls, poc a poc, i sense pausa, s'avança en el que representa un tema apassionant per als que ens agrada la nutrició. M'incloc dins d'aquest grup, perquè durant el transcurs dels meus estudis de grau, la nutrició ha sigut una matèria que ha despertat una forta curiositat en mi, i poder-la estudiar més a fons a través del treball fi de grau m'ha aportat coneixements extraordinaris que he pogut aplicar a la passió que m'ha acompanyat des de ben petita, i la que s'ha convertit en la meua feina durant molts anys, els cavalls.

Avui en dia els dos sistemes predominants pel càlcul de racions equines són el sistema INRA i l'NRC. De fet, per realitzar aquest treball hagués pogut triar qualsevol dels dos, per què tan un com l'altre m'hagueren proporcionat eines fiables i de qualitat per realitzar una base bibliogràfica sòlida i dissenyar una eina de racionament per a cavalls amb bases de dades sòlides. Donat que el sistema INRA o francès sembla ser un sistema més pedagògic, tot i la bona qualitat de la revisió bibliogràfica del sistema NRC o americà, al final m'he decantat per el sistema INRA per elaborar el treball fi de grau aquí presentat.

Una lleu introducció al món equí és presentada al capítol primer, amb la intenció d'introduir l'usuari poc relacionat amb aquest món, ja que, entendre el funcionament i situar-se en qüestió de censos d'animals, tipus d'animals (oci vs carn) i impacte econòmic, és important per concebre la magnitud d'aquest sector.

El capítol dos, dona una ullada molt general a l'anatomia del cavall i explica la relació entre les parts anatòmiques, ja que cap d'elles resulta prescindible per a que el cavall pugui desenvolupar-se com a individu dins la seva espècie. I òbviament, en aquest sector es busca el rendiment màxim de l'anatomia equina, i una de les vies més importants per assolir-la és la nutrició.

Per situar-nos més en la matèria, s'arriba al tercer capítol, on s'exposa tot el sistema digestiu del cavall, des d'un punt de vista anatòmic i funcional. En aquest apartat s'hi troba l'explicació de les cavitats que tenen un paper actiu en la gestió dels nutrients aportats pels

aliments. També s'analitza el paper dels nutrients a nivell metabòlic, les interaccions que hi ha entre ells i l'ús que en fa el cos per obtenir els recursos d'energia i proteïna necessaris. Es parla de tots els nutrients que el cos, d'una manera o altra, en pot treure profit, com els lípids, els aminoàcids, la fibra, les grasses, els minerals, etc.

Les necessitats dels cavalls són discutides al capítol quatre. La despesa que suposa als cavalls el manteniment, la reproducció, la lactació, el creixement i l'esforç, expressats en UFC per l'energia, en grams de MNDC per la proteïna, en grams per als macromineral, en mg per als oligoelements i en unitats internacionals (UI) per les vitamines. Aquest capítol realitza una revisió de les fórmules directes que permeten el càlcul de necessitats, i les que no són directes o no estan expressades, són extrapolades a partir dels resultats de l'INRA.

El tema valoració nutritiva i aliments quedà cobert al capítol cinquè, on al igual que al capítol quatre, hi ha una extensa revisió bibliogràfica que permet esbrinar el valor nutritiu dels aliments mitjançant les fórmules establertes per l'INRA. S'explica els diferents tipus d'aliments que se li pot oferir al cavall, els sistemes de conservació, les famílies i com amb aquestes varien les fórmules de càlcul. Es fa una breu introducció a l'anàlisi químic per conèixer la composició química dels aliments. S'expressa el sistema francès amb valors com l'energia bruta, l'energia digestible, l'energia metabolitzable i l'energia neta, totes elles expressades en quilocalories, i la digestibilitat de la matèria orgànica i de l'energia digestible, expressades en percentatges.

Passada tota aquesta introducció, a la segona part del treball s'entra de ple en l'aplicació que permet elaborar una ració completa per a diferents tipologies de cavalls. Aquesta apartat consta d'un manual que explica el funcionament de l'aplicació en base al full de càlcul Excel[®], pestanya a pestanya, per facilitar-ne l'ús a qualsevol que vulgui elaborar una ració. El full de càlcul consta de nou pestanyes visibles, on s'hi pot fer la valoració nutritiva d'un aliment, si se'n coneix la composició química, i consegüentment elaborar taules d'aliments, calcular les necessitats d'un cavall, i plantejar una ració, a partir de la valoració i les necessitats, a preu mínim per dia, tenint en compte les limitacions d'aquest i les que puguin suposar les dels aliments. Totes les unitats estan expressades seguint el criteri del sistema INRA, de la mateixa manera que ho fan les fórmules que permeten calcular la ració en si.

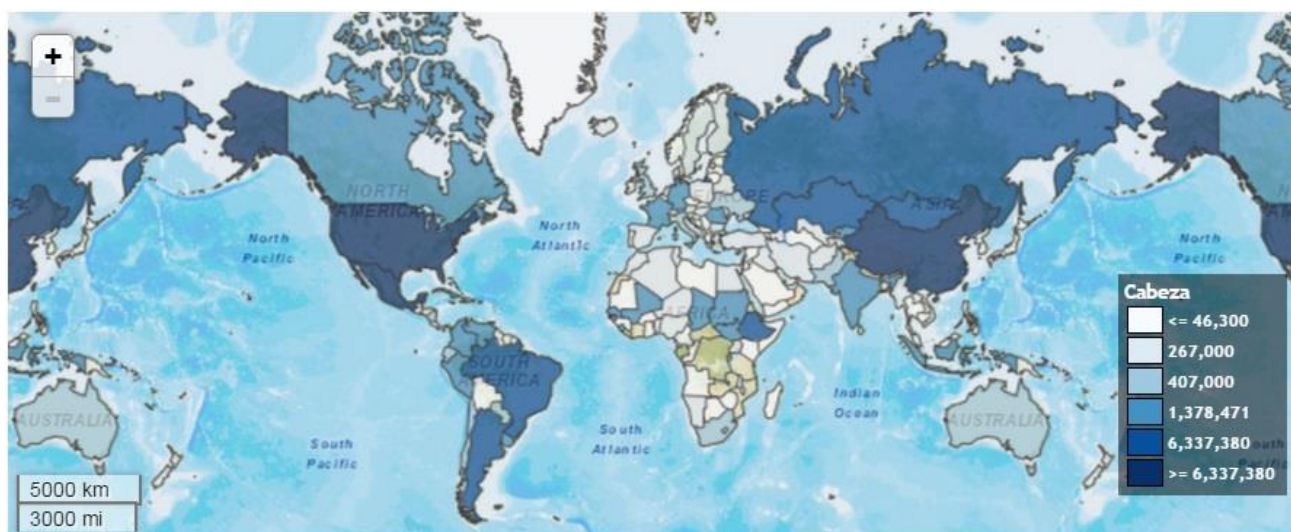
INTRODUCCIÓ

CAPITOL 1. EL SECTOR EQUÍ

Durant milions d'anys, la humanitat ha utilitzat els cavalls amb diversos objectius, tals com el subministrament d'aliment, cuirs, llet, fins terapèutics, bestiar de càrrega com a recolzament de la producció agrícola, transport i fins militars, i finalment amb finalitats d'oci. Més recentment, amb el canvi en la dinàmica de la població humana, el context econòmic i la cria cavallar selectiva, els cavalls s'han estès arreu del món

1.1. SITUACIÓ: MÓN, EUROPA, ESPANYA I CATALUNYA

Existeix una gran dificultat per a la determinació dels censos equins, ja que, en la majoria de països, els cens publicats no inclouen realment tots els animals o bé no s'en coneix exactament el nombre total. Per tant, és difícil fer una comparativa. Així doncs, per aconseguir la major fiabilitat possible s'han consultat diverses fonts (FAOSTAT, MAGRAMA, etc).

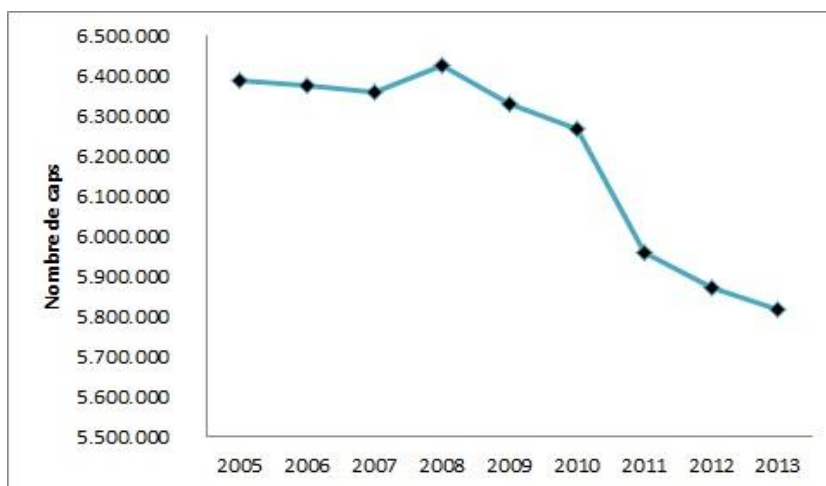


Imatge 1. Cens mundial de bestiar equí (nombre de caps).

Font. Adaptat de (FAOSTAT, 2013)

Tal i com es mostra a la Imatge 1, el cens mundial equí ronda en torn als 58 milions de caps, tot i haver perdut uns 14 milions d'exemplars durant la segona meitat del segle XX. La concentració més gran d'aquests animal es troba a Amèrica del Nord seguida per Xina, Mèxic i Brasil. (FAOSTAT, 2013)

El primer augment progressiu de la demanda d'èquids després de la davallada que patí aquesta espècie al perdre gran part de la seva funcionalitat com animal de treball i militar no fou fins l'últim terç del segle XX tan en nombre d'animals registrats com de no registrats. Coincidint amb l'últim terç de bonança econòmica cal destacar

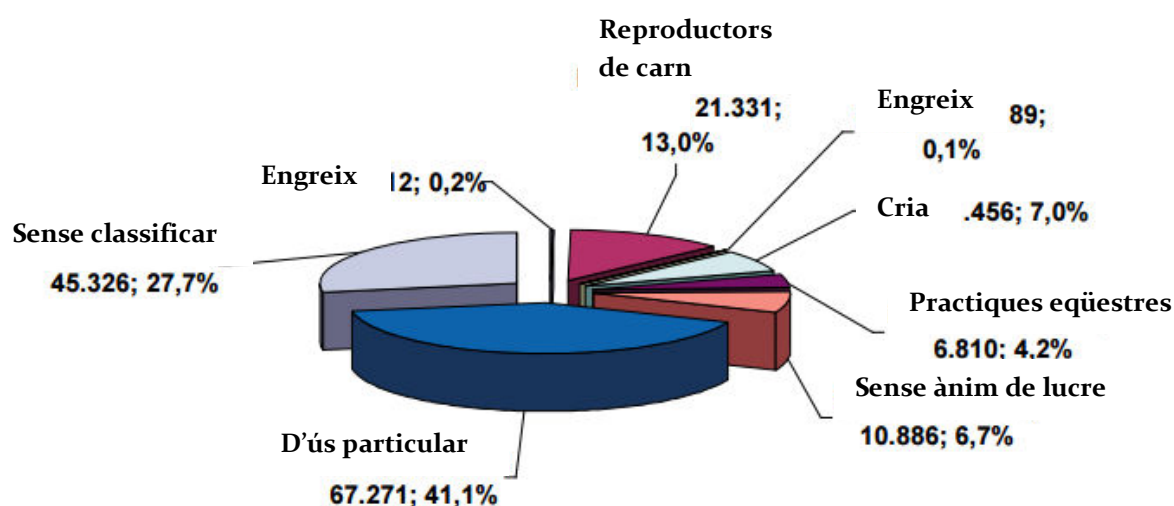


Gràfica 1. Evolució del cens de bestiar equí a la UE (caps) entre els anys 2009-2013.
Font. Adaptat de (FAOSTAT)

l'augment de determinats animals de pura raça. L'estat de benestar social provocà que una part important de la societat tingues accés a determinades pràctiques eqüestres englobades en àmbits esportius i d'oci que en temps anteriors estaven reservades a una minoria de la població amb renda elevada, fet que, entre d'altres, ha fomentat l'augment del poder adquisitiu, l'augment de la oferta d'èquids, la proliferació de centres hípics d'oci, la difusió d'activitats esportives relacionades amb els èquids i últimament la tímida proliferació de l'oferta del turisme eqüestre. Per últim, des del 2008 fins la actualitat hem assistit a una important reconversió del sector productiu com a conseqüència directa de la desaparició de la situació econòmica anteriorment mencionada, per tant en moments actuals els preus baixos i la disminució de la demanda ha provocat que el sector no estigui a ple rendiment (Deloitte, Anàlisi del Sector Equestre, 2012).

Tot i així en certs països de la Unió Europea, com França, Regne Unit o Alemanya, el sector equí és un intens generador d'activitats econòmiques induïdes, de suport i impuls d'altres sectors econòmics, tan és així, que està considerat com un dels sectors agraris nacionals, per la seva contribució al PIB nacional. Els països europeus amb major cens cavallar són: Alemanya, Regne Unit, França, Holanda i Itàlia, i els que menys, Grècia i Portugal. No existeixen dades de Luxemburg (FAOSTAT, 2013).

Les dades de censos de bestiar equí espanyol (Gràfica 2) fa referència als animals registrats ja sigui al Registre General d'Explotacions Ramaderes (REGA) o al Registre de Identificació Individual d'Animals (RIIA). És tal la diversitat i peculiaritat del sector equí que, hi ha la possibilitat de que un mateix animal sigui inicialment destinat a l'esport, passar després a ús lúdic i acabar a la cadena alimentària, o senzillament destinar-se a un sol fi, com pot ser el d'oci. Tenint en compte aquest aspecte i l'aplicació de la recent normativa europea d'identificació i registre d'èquids, el panorama s'ha complicat lleugerament, doncs, el 35% de les explotacions estan sense classificar i el 40% són d'ús particular (MARM, 2011) la qual cosa equival a que la majoria dels animals d'aquests percentatges no estan registrats, per tant, els censos estan infravalorats.



Gràfica 2. Distribució del bestiar equí a Espanya segons la funció. Font: adaptat de REGA, 2011.

Pel que fa al panorama català, en comparació a altres comunitats autònomes molt més riques en cultura equina de sella com ara Andalusia, està més encaminat a la producció de carn tot hi haver-hi més cens d'animal de sella. És complicat establir una situació actual ja que la informació a nivell comunitari és més aviat pobre en comparació a la del nivell estatal, la qual tampoc és pot ajustar massa als nombres reals perquè el camp d'estudi en qüestió no està massa enquestat. El que està clar és que Catalunya és una comunitat activa tan en el subsector de sella com el de carn; en el primer les disciplines més conegudes a Catalunya són la Doma, el Salt i el Raid i en el segon el fet de tenir una espècie autòctona equina considerada carnissera.

1.2. PRODUCCIÓ DE CARN

Dins del sector equí, és important ressaltar-hi el subsector de producció de carn equina. Els èquids, des de l'antiguitat, s'han explotat per a la producció de carn per a l'alimentació humana, tot i així, el seu consum ha patit importants davallades, arribant inclús a existir prohibicions dels seu ús com aliment, doncs, els cavalls eren considerats un bé militar, i per això, es regulava el seu sacrifici i la venda de carn estava restringida a establiments específics que, per raons sanitàries, eren de venda exclusiva. Així durant molt de temps la carn de cavalls procedia majoritàriament d'animals vells i de baixes qualitats càrniques. Per aquesta raó era considerada carn de segona (Deloitte, Estudio del impacto del sector ecuestre en España, 2013).

És important considerar algunes premisses que tradicionalment han influït en la producció i

consum de carn de cavall: el cost de producció d'aquesta carn és més elevat que el d'altres, el consum sempre ha sigut secundari i alternatiu a d'altres carns, i, finalment, l'existència del rebuig d'una part de la societat vers el consum de carn de cavall, al considerar-se en molts cercles socials pròpiament un animal de companyia.

Avui en dia algunes d'aquestes premisses han variat, i almenys a Europa, no existeix prohibició del consum de carn. Per altra banda, hi ha possibilitats de producció de carn equina rentable sota certes circumstàncies econòmiques. Per tant, aquest treball fi de grau considera al cavall com una espècie d'abast equivalent a la resta d'espècies, a banda de com animal d'oci.

Algunes raons que justifiquen que es mantingui una especial atenció a la producció, industrialització i consum de carn equina són: el patrimoni genètic, la renta agrària (possibilitats reals d'ingressos complementaris), la millora de les pastures, la re-valorització de la agricultura de muntanya, raons mediambientals, exportació de reproductors i la exportació de carn.

Actualment, la carn de cavall comença a tenir prestigi ja que s'ha demostrat les qualitats nutritives que té. És considerada una carn molt dolça, tendre amb una baixa proporció de grassa i amb contingut lleugerament més elevat de proteïnes que el vacu i d'alta qualitat ja que aporta 8 aminoàcids essencials, una quantitat elevada de ferro i vitamines. A més de que existeixen explotacions equines càrniques on hi ha races d'aptitud carnissera i que ofereixen un producte de qualitat (Deloitte, 2013).

1.2.1. Situació del cavall de carn al Món

A nivell mundial, els continents Americà i Asiàtic són els majors productors de carn de cavall. Els principals països productors de carn de cavall a Amèrica són: Mèxic, EUA i Argentina. En el cas d'Àsia els majors productors són: Kazakhstan i Xina.

	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Europa	1.302.806	913.339	664.528	48.951	957.738	645.070
America del Nord	11.000	93.000	294.200	429.000	260.000	236.500
America del Sud	650.757	971.882	604.131	438.013	568.809	465.628
Oceania	55.338	25.254	78.937	82.315	84.240	103.336
Àsia	494.519	485.807	541.746	794.484	2.312.615	2.457.214
Àfrica	74.296	123.588	123.868	108.778	118.927	136.144
Món	3.070.964	3.032.460	2.840.700	3.010.134	5.006.754	4.750.881

Taula 1. Comparació de dades de sacrificis de cavalls per a consum de carn al món entre els anys 1961-2011.

Font. Adaptat de FAOSTAT, 2011.

1.2.2. Situació del cavall de carn a Europa

A nivell europeu els principals països productors de carn són Itàlia, França i Polònia (Gràfica 3). La producció de carn de cavall en els diferents països europeus s'ha presentat com una

alternativa més dins de les carns d'abast i com a possibilitat d'aprofitament de terrenys marginal, no profitables per altres espècies.

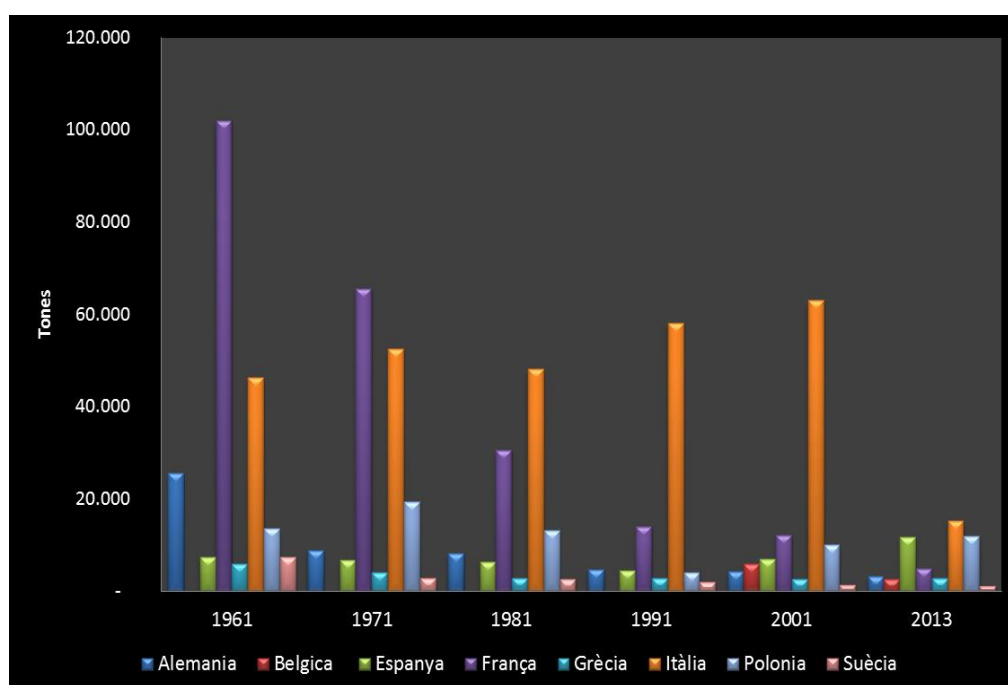
1.2.3. Situació del cavall de carn a Espanya

La producció de carn de cavall a Espanya representa un percentatge molt baix respecte al total de producció carn, tot i això, en la actualitat les xifres de producció estan rondant el pic màxim assolit en la producció d'aquest tipus de carn, l'any 1997 amb un valor de 7.568 tones de carn. Des de llavors els valors han patit alts i baixos sempre minvant fins que a partir del 2003 la producció ha sigut creixent amb un important ascens l'any 2007, coincidint amb la màxima incidència de la malaltia espongiforme bovina a Europa, fet que va provocar un augment de consum de les carns que no provenien del vacu. La última dada existent de la producció data de l'any 2012 amb un producció de 7.000 tones de carn (FAOSTAT, 2013).

CCAA	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Galícia	1.210	742	1.111	3.757	3.259	1.661
Astúrias	4.754	5.073	3.669	3.578	3.965	3.946
Cantàbria	1.653	1.807	1.789	1.920	2.891	3.094
Navarra	3.848	3.927	5.855	7.656	9.125	8.622
Aragó	1.349	1.402	1.337	2.008	3.600	5.304
Catalunya	6.697	6.374	6.864	8.167	7.280	6.623
Castella i Lleó	2.419	2.295	2.408	7.827	10.139	8.175
València	7.795	7.130	7.040	1.663	8.911	6.977

Taula 2. Nombre de sacrificis d'equí de carn a Espanya per comunitats entre els anys 2008-2013.
Font. Adaptat de MAGRAMA, 2013

Tot i que el volum màxim de sacrificis, representats a la taula 2, és més o menys constant i sense variacions importants, el pes mig de la canal dels cavalls si que ha patit un augment important, degut a la millora genètica de les races i de l'alimentació. Juntament amb les



Gràfica 3. Països amb més rellevància de la producció de carn de cavall dins de la UE i evolució entre els anys 1961-2013.

Comunitats Autònomes de Navarra, Castella i Lleó i Comunitat Valenciana, Catalunya és una de les més productores de cavalls destinats a carn actualment (MAPA,2012). El sistema d'explotació és molt senzill i primitiu. Les eugues es mantenen exclusivament amb pastures de muntanya fins gairebé a ple hivern. Normalment els ramaders no solen suplementar la ració ni fer tractaments preventius, per aquest motiu i per les dures condicions en les que viuen els animals, els índex de fecunditat acostumen a ser molt baixos. Els pollins nascuts a la primavera arriben a la tardor amb un pes de 220-250 kg, abans d'arribar l'hivern es baixen a pastures de cotes més baixes o es porten a fires locals on són venuts a comerciants d'altres comarques de Catalunya o de la Comunitat Valenciana. Tan sols un petit nombre d'animals passen a la cria o són mantinguts per les manifestacions folklòriques i culturals de la zona.

La rendibilitat d'aquestes explotacions amb produccions tan baixes, es basa amb un nivell d'inversió mínim, mà d'obra escassa, i en la que els animals aprofiten recursos barats de difícil aprofitament per altres tipus de bestiar; per altra banda, també s'han de tenir molt en compte les subvencions mediambientals de la UE lligades a les zones de muntanya.

1.2.4. Situació del cavall de carn a Catalunya

La població equina destinada a la producció de carn, localitzada principalment al Pirineu català (Vall d'Aran, Alta Ribagorça, Pallars Jussà, Pallars Sobirà, Alt Urgell, Cerdanya i Ripollès) és de 6.623 animals, localitzats en més de 400 explotacions ramaderes. Es tracta d'explotacions de tipus individual o familiar, amb un nombre d'efectius per explotació reduït i amb un sistema de cria extensiu (Reguant, 2011).

El maneig alimentari es basa en la pastura i en l'aportació de farratge o cereal en les èpoques més desfavorables. Els parts es concentren a la primavera i la producció s'orienta a l'obtenció de pollins d'aptitud càrnica. L'origen del cavall de carn a Catalunya és de tipus multiètnic; s'observa l'aportació d'una gran varietat de races pesades i de sang freda¹ europees com l'Hispa Bretona, però sobretot franceses (Bretó, Ardenesa, Comtois, etc.).

Les instal·lacions que presenten les explotacions de cria són molt senzilles i, en molts casos, s'usen per a més d'una espècie (generalment vaquí de carn). També, tot i que rarament, podem trobar algunes explotacions dedicades a l'engreix d'èquids, localitzades a les planes centrals i comarques litorals de Catalunya, i que disposen d'infraestructures d'allotjament, alimentació, emmagatzematge de matèries primeres i dejeccions, etc (Reguant, 2011).

L'any 2007 es va crear la Federació d'Associacions de Criadors de Cavall Pirinenc Català (FECAPI), amb la finalitat de fomentar la raça autòctona Cavall Pirinenc Català (CPC) i promoure la producció i consum de carn de poltre. La FECAPI agrupa les diferents associacions de criadors d'àmbit comarcal del Pirineu català i vetlla pel desenvolupament i manteniment d'aquest sector (Navarro, 2012). Les fires més importants a Catalunya són la de

¹ Cavall de sang freda és una designació col·loquial per aquells animals que tenen un temperament molt tranquil i que són de fàcil maneig.

Puigcerdà (Girona) al novembre, la d'Espinavell (Girona), la de Vic (Barcelona) a l'abril, la Sant Martíria al pla de l'estany (Banyoles), el mercat de tracte equí de Valls mensualment, entre d'altres (Reguant, 2011).



Imatge 2. Detall d'una euga i el seu polli a les pastures del Pirineu Català.
Autor: Laura Vilà, 2011.

1.3. ASPECTES ECONÒMICS

Històricament, el cavall ha esdevingut un recurs important per l'activitat econòmica. La seva domesticació va permetre a l'ésser humà disposar d'una eina biològica capaç de desenvolupar feines agrícoles, de transport i de guerra.

La revolució industrial va fer perdre als èquids gran part de la seva utilitat econòmica. Tot i així, aquestes funcions han sigut substituïdes en gran mesura per activitats esportives i d'oci. La seva presència en aquests àmbits és cada vegada més important, cosa que ha generat una important activitat econòmica. La producció de cavalls és una activitat productiva de capital i està concebuda com una activitat productora d'èquids, partint d'una base genètica determinada. Les explotacions de cavalls assoleixen un alt grau d'especialització quan produeixen animals amb aptituds específiques per a les diferents modalitats d'oci. Així doncs, quan el cavall ja no és considerat necessari per les feines que li eren pròpiament associades, la seva relació amb l'ésser humà canvia, element clau per a la prosperitat de l'oci i l'esport.

El món del cavall actualment és una realitat complexa, que inclou activitats com la cria, l'esport eqüestre, el turisme amb cavalls i moltes altres activitats, com la equino teràpia, que s'ha incorporat en aquest sector recentment. No obstant, l'esport i l'oci són les activitats amb més importància (Deloitte, 2008).

Així doncs, es distingeixen dos vessants, per una part els genets o participants que l'oci els hi proporciona la principal font d'ingressos (és l'extrem professional del sector, la gent que si guanya la vida); i a l'altre extrem, estarien situats aquells genets i cavalls que participen en la indústria basada en l'oci, es dir, que gasten el diners per a la seva pròpia satisfacció en aquest sector però que no obtenen beneficis econòmics sinó personals. Enmig d'aquests dos extrems, hi ha una gran quantitat de persones amb interessos semi-professionals i professionals, es a dir, el veterinaris, ferradors, les guarnicioneries, etc, que formen part indirectament del sector i a la mateixa vegada el completen per que sense ells no podria esdevenir-se i a la inversa.

La majoria de persones, avui dia, aspiren a obtenir algun plaer o satisfacció de la seva relació amb els cavalls. Aquestes persones estan al centre del sector, els propietaris privats dels cavalls d'esport o d'oci inverteixen en la compra de béns i serveis relacionats amb la cura dels seus animals, però per exemple, també poden fer classes d'equitació, anar de vacances a cavall, participar en concursos o llegir revistes (coses que els hi suposen un cost). Els genets no propietaris gastaran en altres categories de béns no relacionades amb la cura i benestar dels cavalls com ara en l'assistència a fires, mercats i competicions de la zona on viuen ja sigui amb la entitat a la que estan associats o per lliure. Altres consumidors que no tenen relació ni contacte directe amb els cavalls ,no gastaran en la cura o munta dels cavalls, però si als hipòdroms o amb visitar llocs d'interès basats en el cavalls, per exemple, és molt comú a Catalunya que durant Sant Antoni; patró dels animals és treguin a voltar els cavalls, ponis i animals de carga per les zones urbanes (els tres toms) promovent així un interès de la població envers aquest sector (Deloitte, 2008).

Per últim, els cavalls també són importants per aquelles persones que tenen una relació professional o laboral amb el sector eqüestre, per exemple, ferradors, mossos de quadra, veterinaris, fabricants de selles de muntar, professors, etc.. Tots plegats depenen en gran mesura de l'existència de cavalls i de persones que vulguin aprendre a muntar, competir o simplement que necessitin serveis per mantenir els seus animals en estat òptim.

1.3.1. Concepte d'impacte econòmic

La proporció de despesa que s'acaba incorporant al PIB d'un país és el que usualment es coneix com a impacte econòmic del sector. La seva quantia depèn principalment de:

- El percentatge de despeses que es destinen a pagar la producció nacional. Si un percentatge gran de la producció nacional es destina a la compra de béns a l'exterior del país, llavors l'impacte econòmic del sector equí serà menor.

- Del percentatge de la despesa total que representen els productes i els serveis de la demanda interna equina.
- De quina part de la remuneració dels factors de producció es torna a les activitats de la indústria equina.

L'efecte combinat dels tres factors esmentats anteriorment es podria resumir en el que s'anomena factor de multiplicació, i que d'alguna manera representa la relació entre l'impacte econòmic directe i l'impacte econòmic global del sector eqüestre. La raó d'aquest doble impacte econòmic és que també hi ha activitats relacionades directament amb el món del cavall, com per exemple, determinats productes agrícoles (farratge) o empreses de transport. Però altres sectors econòmics, com les fàbriques de roba, les companyies d'assegurances, els hotels, etc., tenen una relació indirecta amb el sector i en canvi provoquen un efecte directe sobre l'impacte econòmic total (Deloitte, 2008).

Per exemple, si un Ajuntament decideix promoure dins de la seva política les activitats eqüestres culturals i esportives un nova modalitat de salt, el cost directe derivat produeix un cost indirecte múltiple del primer.

1.3.2. Impacte econòmic del sector dins la Unió Europea

La Xarxa Europea de Cavalls (EHN) estima que l'impacte total de la indústria equina supera els 100 mil milions d'euros a l'any. Aquesta xifra inclou l'impacte econòmic directe i l'impacte indirecte induït (30 mil milions d'euros a l'any).

Tenint en compte les xifres, la situació actual de la indústria europea envers la mundial i la creixent demanda en els països en desenvolupament, la indústria equina és un sector econòmic interessant per al creixement sostenible de la UE (EHN, 2010).

1.3.3. Contribució del sector equí a l'economia espanyola

Quantitativament, es pot classificar el sector de moltes maneres, una opció raonable sembla fer-ho segons les fases de vida.

- Cria: es considera des de que l'euga queda gestant fins que comença la transformació, passant pel part i el deslletament del polli.
- Transformació: període durant el qual es forma i s'entrena el cavall, segon l'ús futur que tindrà.
- Explotació: etapa en la que es fa ús efectiu del cavall per a la activitat per la qual ha sigut preparat.
- Activitats transversals: totes aquelles activitats comuns entre la resta de fases de vida.

Les úniques fases de vida que generen impacte econòmic són la d'explotació i les activitats transversals. Tot plegat queda reflectit a les xifres que figuren a l'esquema 1.

La fase de vida del cavall on hi ha la major concentració, tan d'impacte econòmic com de nombre de cavalls, és la d'explotació, amb més de 1.697 milions d'euros i de 481.000 de cavalls, que representen el 42% i el 67% respectivament.

Les activitats relacionades amb el sector eqüestre, en les seves diferents fases i àmbits, suposen un moviment econòmic total de més de 3.375 milions d'euros d'impacte directe i de més 1.928 milions d'euros d'impacte indirecte, fent ascendir la xifra total a més de 5.303 milions d'euros, el 0,51% del PIB. (Deloitte, Estudio del impacto del sector ecuestre en España, 2013).

CRIA			
TRANSFORMACIÓ			
EXPLOTACIÓ 1.697.839.652 €			
Exposicions ramaderes 80.078,00 €	Clubs 622.274.549 €	Concursos 103.548.036 €	Espectacles eqüestres 220.509.345 €
FCSE ² 4.270.369 €	Festes populars 8.830.960 €	Finques privades 558.201.041 €	Formació professional 15.187.327 €
Carreres de cavalls 112.790.422 €	Concursos morfològics 60.777.827 €	Llicències 7.859.576 €	Sector càrnic 112.000.000 €
	Teràpies 3.452.400 €	Turisme eqüestre 68.057.722 €	
ACTIVITATS TRANSVERSALS 1.997.272.089 €			
Ferradors 138.352.934 €	Indústria Alimentària 557.025.124 €	Repercussió mediàtica 26.170.098 €	Assegurances 49.433.520 €
Transport 16.647.593 €	Veterinaris 655.786.165 €	Compra-venda 403.609.914 €	Fabricació i distribució 144.452.504 €
	Construcció 2.919.660 €	Subvencions 2.874.577 €	

Esquema 1. Desglossament de les fases de vida d'un cavall segons els seu impacte econòmic.

Font: Adaptat de Deloitte, 2013

² FCSE: Forces i Cossos de Seguretat de l'Estat. Bàsicament fa referència als cavalls d'origen militar.

1.4. INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA

Com es pot observar a la taula 3 el sector de l'alimentació equina està a la cua de la producció de pinsos total destinada a espècies de producció. De totes les comunitats autònomes Catalunya encapçala la llista pel que fa a la fabricació de pinso per al consum equí entre d'altres espècies. Els pinsos fabricats destinats a l'alimentació equina són sobretot per als cavalls d'oci, una mica per a les explotacions de carn que hi pugin haver a les planes i que no són autosuficients i molt poc per als cavalls ubicats a les pastures pirinenques.

Aquesta indústria sobretot fabrica pinsos complets i suplementos alimentaris, per als animals d'alta competició. Així com en altres produccions està molt estesa la utilització de premescles (mescla de vitamines, minerals, additius, aminoàcids o fàrmacs) que s'addicionen a la ració per completar-la o de pinsos complementaris, en l'alimentació del cavall s'usa un sol pinso, que pot ser en forma de pellet o extrusionat el qual sol venir el màxim equilibrat possible i s'administra com a dieta a banda del farratge, que a Catalunya i Espanya sol ser palla o fenc i en molt poques ocasions ensitjat, a les zones més humides (Deloitte, 2008).

CCAA	Aus	Porcí	Boví	Oví i Caprí	Conills	Equí	Total CA
Andalusia	552.860	809.881	441.070	150.165	4.048	25.412	1.988.291
Aragó	358.354	2.663.337	561.745,00	119.565,00	88.329,00	12.441,00	3.926.109
Astúries	17.080	5.698	316.991,00	1.521,00	44.952,00	2.998,00	395.056
Balears	22.828	10.882	15.133,00	1.539,00	701,00	2.555,00	53.831
Canàries	82.589	16.019	41.105,00	26.775,00	9.730,00	927,00	237.543
Cantabria	5.188	711	210.455,00	993,00	555,00	1.716,00	219.670
Castella la manxa	617.758	423.468	541.080,00	232.886,00	3.046,00	9.778,00	1.854.681
Castella lleó	508.149	1.697.689	1.032.260,00	447.203,00	58.362,00	21.232,00	3.988.808
Catalunya	1.154.073	3.739.297	656.272,00	67.892,00	99.289,00	94.337,00	6.096.476
Extremadura	234.189	534.722	178.119,00	163.985,00	2.402,00	8.963,00	1.134.237
Galícia	658.798	695.232	1.226.760,00	5.454,00	77.299,00	10.326,00	2.762.318
Rioja	81.816	19.111	17.880,00	2.424,00	27,00	711,00	121.969
Madrid	62.617	86.573	38.993,00	12.815,00	1.750,00	12.245,00	261.904
Murcia	259.468	1.317.168	128.385,00	142.108,00	25.855,00	8.945,00	1.920.554
Navarra	269.824	496.079	319.360,00	66.490,00	3.245,00	8.614,00	1.163.641
País Basc	46.647	13.307	100.718,00	15.090,00	11.257,00	1.969,00	392.572
València	455.668	660.419	62.395,00	41.546,00	46.960,00	39.990,00	1.324.809
Total Espanya	5.387.906	13.189.593	5.888.721,00	1.498.451,00	477.807,00	263.159,00	27.842.469

Taula 3. Dades de producció de pinso (tones) per espècie i comunitats autònomes l'any 2013. Font: MAGRAMA

Les empreses que comercialitzen aliments per a cavalls tenen consciència de la importància de l'alimentació, com un dels principals factors que influeixen en la salut i el rendiment del cavall. Per això, aquestes empreses tendeixen a incorporar línies d'investigació en la seva política de treball, per formular diferents pinsos, que siguin de molt bona qualitat i que s'ajustin als diferents tipus de cavalls: cavalls de competició, pollins, cavalls en repòs, etc.

La indústria alimentària equina suposa un moviment econòmic anual de 109 milions d'euros amb una producció de 216.292 tones/any que representen un consum anual de 272,6 kg per cavall.

ALIMENT	Club A ³	Club B ⁴	Club C ⁵	Finca de Cria	Finca d'ús esporàdic	Finca d'ús habitual	Finca de transformació
Pinso	84	63	36	19,30	7,2	19,30	63
Compost							
Ordi	7,35	11,03	14,70	3,52	11,03	3,52	11,03
Farratge	34,56	25,92	17,28	17,28	8,64	12,96	25,92
Pastanagues	3	1,5	0,9	0,9	0,3	0,6	1,5
Prat	0	0	0	0	0	0	0
Corrector	4,05	8,1	7,2	1,98	5,4	1,98	8,1
Total	133	110	76	43	33	38	110

Taula 4. Costos d'alimentació d'un cavall segons el tipus d'alimentació (€/cavall i mes). Font: adaptat de Deloitte, 2013.

Els usos històrics de la ramaderia equina han canviat, han patit una radical transformació durant el darrer segle. Tals usos històrics han condicionat fins ara que la ramaderia equina sigui considerada diferent de la resta.

Les dades existents que fan referència al sector equí necessiten ser ampliades, completades i tractades amb major profunditat. De la mateixa manera, seria convenient renovar-les periòdicament amb vistes a la major competitivitat del sector i amb objectiu de ser més transparents. S'observa falta d'harmonia i de bases comunes clares per la regulació d'aquesta activitat ramadera en relació als principals aspectes (ordenació zootècnica i sanitària, millora, foment ramader, etc) en tota la política equina integrada a l'estat espanyol.

L'equí és un sector que es planteja com una alternativa vàlida a altres produccions agrícoles i ramaderes actuals. L'evolució de la política agrària actual tendeix a afavorir la expansió ramadera on hi participa l'equí (intensificació, compatibilitat amb el medi ambient, foment de nou negocis en l'àmbit rural, alt valor afegit, absència de limitacions de la producció).

Per últim puntualitzar que el consum de carn equina és baix, sobretot, perquè per part del consumidor no existeix identificació d'aquest tipus de bestiar i els seu us com aliment, entre d'altres raons per falta d'informació al respecte.

³ Club A: On es celebren competicions internacionals

⁴ Club B: On es celebren competicions nacionals

⁵ Club C: No organitza competicions oficials

CAPÍTOL 2. ANATOMIA I FUNCIO

Aquest apartat explica l'anatomia del cavall des d'un punt de vista funcional i estructural bàsic, ja que descriure detalladament l'anatomia seria massa extens i tampoc es l'objecte principal d'aquest treball final de grau. Així doncs, en aquest apartat s'exposa quina és la conformació ideal del cavall i s'analitzen les interaccions de les diferents estructures entre si. La conformació final d'un animal depèn de la genètica d'aquest i de l'ambient; i dins d'aquest, entre altres factors, hi trobem la nutrició, aspecte molt important per un correcte creixement i formació tissular.

El concepte de cavall perfecte depèn de varis factors: la experiència prèvia, els coneixements actuals i de l'ús futur del cavall són significatius per tenir una visió objectiva, tenint en compte la conformació, el caràcter, el moviment i la cria. No existeix el cavall perfecte, però un cavall amb bona conformació és, de ben segur, un atleta durador. Es diu que l'únic cavall que s'ha apropiat més a l'encarnació de l'animal ideal ha sigut Secretariat⁶ (Frank J. Michel, 2004)



Imatge 3. Secretariat just abans de córrer a l'hipòdrom de Saratoga, Nova York, any 1973. Autor: desconegut

Font: <http://www.championsgallery.com/>

Els cavalls tenen mides i formes diferents, alguns tenen l'estructura per salt, altres per les carreres i altres per la doma. Per tenir èxit en qualsevol disciplina, el cavall ha de tenir el tipus apropiat, es a dir, han d'estar balancejats. La conformació és la variable bàsica que explica l'estructura física del cos del cavall, i està relacionada amb l'estructura òssia, la muscular i amb les proporcions corporals, que li permetin rendir al màxim nivell.

Els tres factors: tronc, potència i pes són la base per analitzar la biomecànica de qualsevol cavall. El balanç d'aquests tres factors és el que produeix l'habilitat de l'animal, moderats canvis de les proporcions, poden en alguns casos beneficiar al cavall adaptat dins d'una particular aptitud. Les mesures de les extremitats anteriors, les espatlles, el llom, els malucs, etc, són per determinar el tronc del cavall. El diàmetre i la longitud corporals mesuren el pes del cavall; la longitud muscular i l'angle dels quarts posteriors són principalment responsables de la potència i propulsors del moviment. La conformació afecta a l'equilibri, el rendiment i al potencial esportiu (Sanchez, nd).

⁶ Secretariat o Big Red (1970-1989): cavall Nord Americà vencedor de 16 de les 21 carreres que va disputar al llarg de la seva vida esportiva. Va batre el record mundial en llargues distancies l'any 1973, guanyant a l'hipòdrom Belmont Stakes amb una avantatja de 31 cossos sobre la resta de cavalls participants.

2.1. PERSPECTIVA GENERAL

Si es vol dur a terme un anàlisi general de la forma d'un cavall, l'animal s'ha de situar sobre un terreny pla i plantat sobre les quatre extremitats. La primera inspecció és totalment visual, és a dir, sense utensilis de mesura, per així obtenir una impressió general de l'aspecte i la postura. S'examina la simetria global des de la zona anterior passant per els laterals i finalment la zona posterior.

Començant per la zona frontal, un bon exemplar, hauria de tenir les extremitats rectes des del pit fins a terra, sense signes d'inclinació tant cap en dins com cap enfora per part de les extremitats anteriors, i amb absència de rotació exterior de l'ós de la canya des del genoll, ja que aquest últim permet la flexió, l'extensió i un lleuger grau de moviment lateral entre l'extremitat inferior i superior. Fet que implica que els genolls, que corresponen al canell de l'ésser humà, haurien d'estar situats just a sobre de les canyes⁷, i totes les articulacions distals dels membres haurien de caure sobre el centre de cada ós. Un membre torçat és un inconvenient, ja que l'estrès degut al sobreesforç serà més sentit als laterals de les articulacions, ossos i cascs.

El següent pas és fer la mateixa observació des de la zona caudal. Les puntes dels garrons⁸ haurien de mirar lleugerament cap enfora, però paral·lels entre si. Les puntes de les natges haurien de ser simètriques entre si, pel que fa a la altura i la proporció, d'acord amb un bon desenvolupament muscular de la gropa.

Des de la vista lateral, les extremitats anteriors haurien de formar una columna relativament recta, amb les garretes⁹ corbades lleugerament cap endavant, mentre que els posteriors haurien de formar un angle d'uns 90 graus entre el greixet¹⁰ i el garró. La part més distal dels posteriors hauria de caure recta, seguint l'aplom que va des de la punta de la natja, passant pel garró caudalment a la canya i finalment al taló.

2.2. EQUILIBRI

L'equilibri ve determinat per la ubicació del centre de gravetat, que com a regla general aquest està visualment dividit en terços.

⁷ Canya: nomenclatura popular que rep el metacarp, quan es tracta de la extremitat anterior, i el metatars, quan es tracta de la extremitat posterior.

⁸ Garró: articulació de les extremitats posteriors dels quadrúpedes que uneix la part inferior de la extremitat i la superior de la canya.

⁹ Garreta: articulació situada entre la canya i el travador

¹⁰ Greixet: zona equivalent al genoll humà, una articulació en forma de visagra situada entre el fèmur i la tibia.

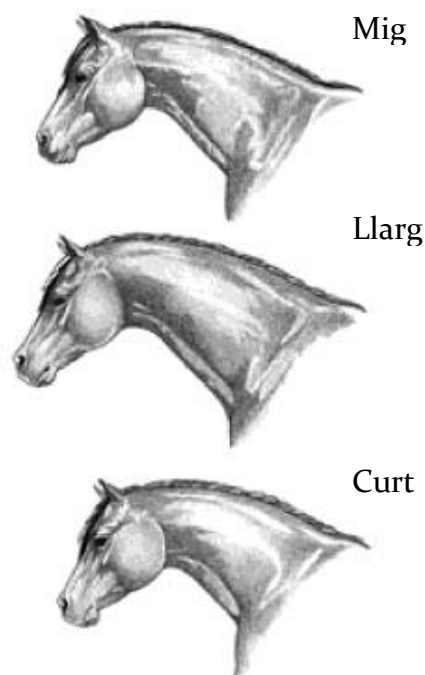


Imatge 4. Divisió del cavall en terços. Font: Quarter Horse Journal. Any desconegut

- El terç anterior engloba el coll, des de la nuca fins la creu.
- El terç mig engloba el dors, des de la creu fins l'articulació sacra.
- El terç posterior s'inicia a les anques fins la punta de les natges.

Les línies divisòries imaginàries situen el centre de gravetat d'un cavall ben equilibrat directament sota d'un genet muntat, amb el 60-65% del pes caient sobre els posteriors. Hi poden haver variacions entre races, per exemple alguns cavalls raça Àrab tenen una vèrtebra toràcica menys ,d'altra banda, els Pura Sang Anglesos són els que s'ajusten més al model de la caixa que formen les línies imaginàries, motivat també perquè es tracta de la raça més estudiada.

Com més ben equilibrat estigui un cavall, més fluids seran els seus moviments naturals, menys haurà d'intervenir el genet per corregir-los i menys risc de lesions patirà degut al bon repartiment del pes durant el moviment.



Il·lustració 1. Longitud del coll dels cavalls. Font: (S.Loving, 2010)

La base per mantenir una bona postura, moviment i equilibri resideix en un bon sistema muscular tonificat (Seong-Gil Kim, 2014). La musculatura que intervé en l'estabilitat central és generalment més petita i profunda, és la responsable de la postura i l'estabilitat, enlloc dels músculs superficials més grans. La musculatura dorsal profunda tendeix a ser més petita i s'insereix a les vèrtebres com una cadena llarga i continuada. La musculatura abdominal, principalment els músculs abdominals oblics, interns i externs, el recte abdominal i el transversal, a més a més de suportar les vísceres, estableixen, eleven i flexionen el dors a l'incrementar la pressió intrabdominal durant la suspensió del tranc¹¹. Els cavalls amb una musculatura abdominal tonificada donen la sensació de ser més primers, recordant la imatge del gos de raça galgo a la zona abdominal. El conjunt muscular de l'iliopsoas inclou músculs sublumbar que estableixen la pelvis, aportant-li suport i flexionant la unió sacrolumbar i la zona sacroilíaca. L'iliopsoas ajuda a inclinar la pelvis, estableix la columna dorsal a la regió lumbar i desplaça el centre de gravetat cap enrere, desenvolupant un paper fonamental per a la reunió¹², la qual permet el descens de la pelvis i l'entrada dels posteriors per sota del terç mig. Els bíceps femorals són els responsables d'estabilitzar el maluc; són importants a l'hora dels girs amb velocitat, i de fer moviments més avançats, tals com les piruetes al galop. L'estabilitat de la pelvis i el maluc redueixen el risc de sobreexforç a la regió lumbar. El cabestrell toràcic conté el múscul serrat i els músculs pectorals que donen força al conjunt muscular central. Fins i tot, quan el cavall ja ha deixat de créixer, quan la musculatura del cabestrell toràcic es tonifica queda acotada, el tòrax s'eleva entre els anteriors i dona la impressió de que el cavall ha augmentat l'alçada (Gillian Higgins, 2011).

2.3. EL COLL

Tots els cavalls atletes depenen de l'ús del seu coll per moure el centre de gravetat en una direcció precisa, per mantenir així l'equilibri i la maniobrabilitat. L'equilibri del cap i el coll s'acompanya d'un impuls en direcció craneal dels músculs posteriors, que s'eleven des del terra per avançar cap a la següent gambada. Amb les mans suportant al cavall, el cap i el coll s'eleven, seguides de l'elevació dels quarts posteriors i del balanceig de les mans per donar un pas més enllà.

Tots els cavalls tenen set vèrtebres cervicals, i és la longitud d'aquestes la que determina si el coll és llarg o curt. La longitud del coll és important ja que el cavall l'utilitza com a contrapès per mantenir l'equilibri durant el moviment. Un coll curt podria limitar lleugerament l'agilitat durant alguns exercicis, per tant, aquest ha de ser suficientment llarg com perquè l'animal pugui equilibrar-se correctament en disciplines tals com la doma i el salt, especialment durant la batuda i la recepció. Per contra, un coll massa llarg afegirà pes al terç

¹¹ Tranc: terminologia equina equivalent a gambada, normalment seguida d'un moment de suspensió.

¹² Reunió: quan el cavall adopta un perfil arrodonit, eleva una mica el coll, l'arqueja i això li permet col·locar els posteriors al nivell del melic.

anterior, augmentant l'impacte sobre les mans¹³. Els cavalls amb un coll mig i un bon acabat a la creu presenten una major flexibilitat i facilitat a l'hora de tonificar els músculs d'aquesta zona (Jackson, any desconegut).

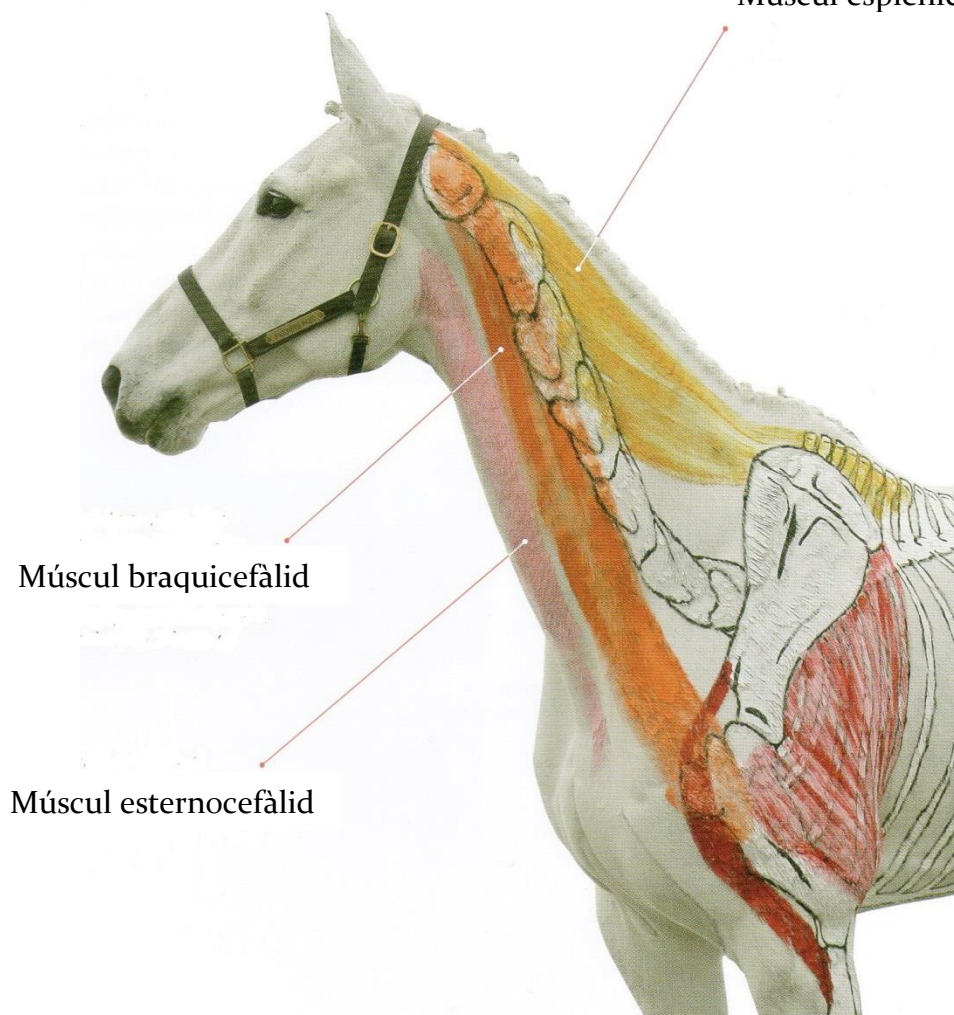
El cap s'uneix a la nuca a través de la primera i segona vertebres: l'atles i l'axis, que són anatòmicament diferents una de l'altra i respecte a la resta de vertebres cervicals. Aquestes últimes tenen uns processos espinosos i transversos força reduïts. Les superfícies superiors són rugoses i permeten la inserció dels músculs i del lligament nucal, que ofereixen suport a cap i coll (Schaller, 1992).

Els músculs del coll treballen a través de diverses articulacions simultàniament, n'hi ha de dos tipus: els músculs superficials, principalment els extensors i flexors, que són responsables dels moviments més amplis, tendeixen a ser grans, prominents i potents; i els músculs profunds, que principalment són els responsables del control postural de les articulacions. Tres dels principals músculs superficials del coll són:

- Múscul braquicefàlid: és un múscul gran que passa per la zona superior del crani fins la part superior de l'húmer. Les seves funcions principals són baixar el cap i el coll, permetre la flexió lateral del coll i portar les extremitats anteriors cap endavant.
- Múscul esternoencefàlic: aquest múscul està situat a sota la cavitat de la jugular i passa per l'esternón fins la mandíbula. Flexiona el coll, baixa el cap en direcció al coll i ajuda a obrir la boca.
- Múscul esplènic: està situat a sobre de les vèrtebres, i al tonificar-se i guanyar volum, millora el perfil superior del coll del cavall. Passa per la creu fins la nuca i va des de la tercera a la cinquena vèrtebra. És el principal múscul que aixeca el cap, extensor del coll i permet el gir del cap.

El coll resulta ben implantat quan està situat per sobre de les espatlles i té una bona longitud. No ha de ser massa ample, però ha de tenir una línia superior ben desenvolupada i poca musculatura a la zona inferior per evitar els colls invertits. Aquest fet és important per que el poltre accepti el contacte a la ma del filet i pugui treballar a través del dors i aconseguir la reunió. Si el cavall no té aquesta estructura natural, abans de seguir amb l'entrenament serà necessari treballar per que desenvolupi correctament la musculatura (Kimble, 2013)

¹³ Mans o peus: terminologia popular per referir-se a les extremitats anteriors o posteriors respectivament, dels quadrúpedes.



Imatge 5. Principals músculs del coll del cavall. Font: Adaptat de (Gillian Higgins, 2011). Foto: David & Charles 2009.

2.4. EXTREMITATS ANTERIORS

2.4.1. Des de l'escàpula fins al genoll

El cavall no té clavícula. Les extremitats estan connectades al cos per lligaments, les fàscies i una potent estructura de músculs, que estableixen l'escàpula i el colze i, a més, connecten la escàpula a la creu, l'espina dorsal i les costelles. Aquest conjunt és important per mantenir l'equilibri i permetre a l'animal l'adducció i abducció dels anteriors i el moviment tant endavant com lateral.

L'escàpula és un os pla i triangular, que cobreix parcialment l'última vèrtebra cervical, les set primeres vèrtebres toràciques i els caps de les costelles amb les que s'articulen. La part interior de l'escàpula, llisa i lleugerament cònca, li permet lliscar sobre les costelles, a més de proporcionar-li tracció al conjunt muscular i lligamentós del cabestrell toràcic. Quan el genet revisa la diagonal en la que està trotant, es fixa en el cartílag escapular.

Un cavall amb les esquenes¹⁴ llargues i amb bon angle té major llibertat de moviment, sobretot durant el trot llarg. Si a més té la creu marcada, la sella quedarà assentada més aviat cap al terç posterior. Dur el genet sobre aquesta zona li permet al cavall suportar el pes amb el terç anterior, fet que resulta de vital importància durant els exercicis més avançats. Les esquenes curtes i verticals amb la creu plana limiten la llibertat de moviments a l'alçada de la escàpula, que forçadament romandrà tensa. Aquest fet es fa més evident durant el trot i el galop, quan el cavall treballa més sobre les esquenes i quan és més probable que contragui lesions a les extremitats anteriors (Klimke, Entrenamiento basico del caballo joven, 2013).

L'húmer, a l'igual que el fèmur, és un dels ossos més forts del cos del cavall. Està situat en un angle que li permet absorbir les sacsejades i cops, i disposa de vàries esquerdes on s'insereixen els músculs i els tendons. El tubercle major, una protuberància òssia ubicada a la extremitat superior, crea la punta de l'esquena.

L'articulació del colze és de tipus sinovial, uneix l'húmer, el radi i el cúbit, i té un moviment d'un sol pla. L'olècranon del cúbit proporciona punts d'inserció per als músculs que creen una palanca. Aquest conjunt estén l'articulació del colze, flexiona l'esquena i facilita el moviment de les extremitats anteriors.

La garreta, la qual correspondria al canell de l'ésser humà, està composta per múltiples articulacions sinovials, que connecten una sèrie de 7 o 8 ossos carpians, curts i compactes disposats en dues files. El genoll permet la flexió, l'extensió i un lleuger moviment lateral entre l'extremitat inferior i superior. Els tendons flexors digitals, que passen caudalment al genoll, controlen les extremitats inferiors.

Des d'una perspectiva lateral, el membre anterior hauria de ser una columna recta des del colze fins la garreta. La rectitud d'aquesta columna afavoreix una càrrega equilibrada de les forces que descendeixen pel membre, suportant el pes de les articulacions i els ossos. Les anomalies de creixement de les plaques òssies provoquen deformacions angulars del membre que poden ser en direcció axial o abaxial (Higgins, 2011).

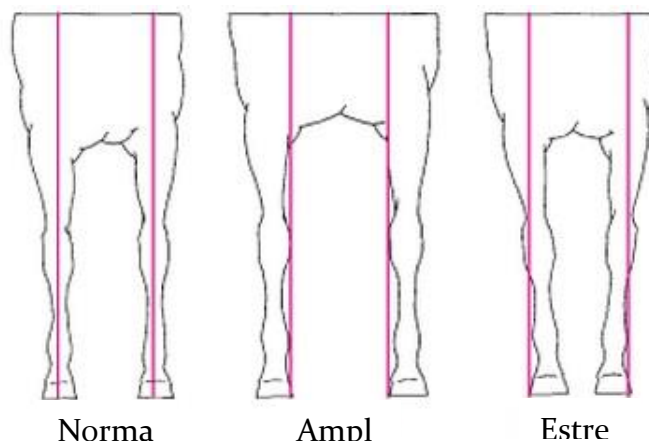
2.4.2. El pit

Un bon pit és profund i està ben definit, per permetre una capacitat respiratòria gran i un cor ben desenvolupat. Així doncs, la profunditat del pit és més important que l'amplada. Les costelles haurien d'ampliar l'espai entre elles i projectar-se caudalment, per millorar la profunditat del pit i permetre l'expansió pulmonar durant l'activitat.

Un exemplar que tingui el pit massa ample no permetrà la llibertat de moviment dels colzes i això ,fet que provocarà el fregament de la singla i una conseqüent irritació de la zona. Un pit estret, per altra banda, provocarà la interferència entre les mans. Aquest fet pot derivar en una mala locomoció, és a dir, que una mà es col·loqui per davant de l'altra o que es colpegin

¹⁴ Esquena: nomenclatura popular que és refereix al cabaestrell toràctic.

les zones axials de les peülles, si a aquest fet l'hi sumem que el cavall te les mans mirant cap endins, provocarà una lesió al metacarp accessori.



Il·lustració 2. Tipus d'amplada del pit dels cavalls.
Font: adaptat de (S.Loving, 2010). Il·lustració: Nancy S.Loving

2.5. EL DORS

L'espina dorsal del cavall és una estructura complexa, composta per un conjunt de de vèrtebres lumbar i toràciques que estan subjectes per músculs i lligaments.

L'espina toràcica està formada per 18 vèrtebres, cadascuna separada per un coixinet intervertebral que s'encaixen entre si pels processos articulars. Cada cos vertebral està coronat amb una hipòfisis espinosa de fins a 25cm, les més llargues són la quarta i cinquena vèrtebra toràcica, que constitueixen la creu del cavall. Els processos es redueixen a mesura que arriben a la zona de la cua. Divuit parells de costelles s'insereixen entre cada vèrtebra toràcica, mitjançant articulacions sinovials abans de sobresortir horitzontalment per rodejar cada flanc. Els primers vuit parells, encarregats de protegir el cor i els pulmons, són col·loquialment coneguts com les costelles verdaderes, les qual connecten al esternum ventralment permetent així l'oscil·lació per respiració de la cavitat pectoral. Les altres deu costelles es coneixen amb el nom de falses, ja que cada parella s'adhereix mitjançant una unió cartilaginosa al parell de costelles anteriors (Higgins, 2011).

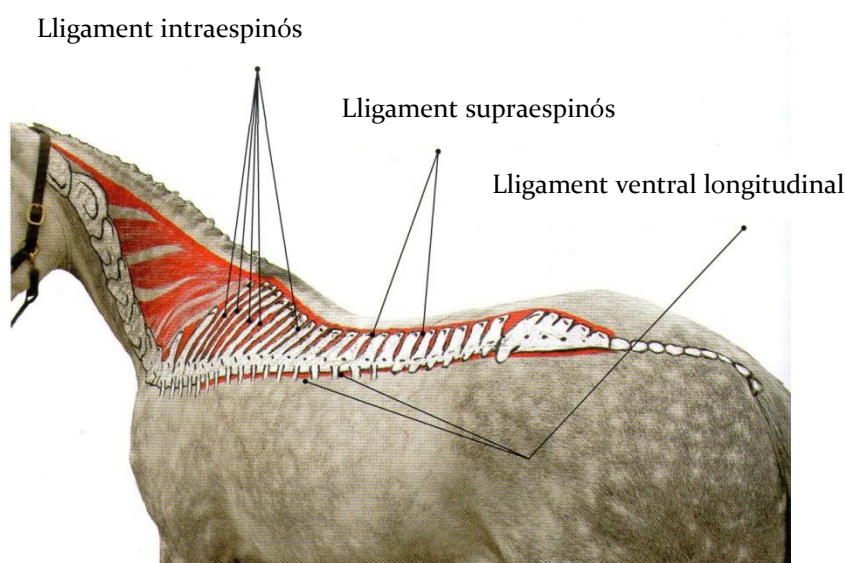
L'espina lumbar és la zona que es correspon al llom. Aquesta zona es caracteritza per la longitud i l'amplada dels processos transversals, ja que tenen una projecció transversal, proporcionant punts d'inserció pels músculs i lligaments. Els processos espinosos que es projecten dorsalment des de la part superior de les vèrtebres lumbar són similars a les últimes vèrtebres toràciques.

Els músculs principals que s'ocupen d'estabilitzar el dors es troben aprop de l'espina dorsal i abasteixen les seccions toràciques i lumbar. Com més lluny de les vèrtebres més voluminosos i potents són els músculs, els quals s'ocupen de transferir cap endavant el moviment que es genera a les extremitats posteriors. Els músculs extensors del dors són el grup de l'erector spinae, format pels iliocostals, el longissimus dorsi, i els músculs espinalis

toracis, que passen per la zona dorsal de les vèrtebres i per cada lateral dels processos espinosos. El músculs flexors del dors són els músculs abdominals, el transversal abdominal i el múscul recte abdominal, aquets treballen junts per mantenir l'abdomen al seu lloc, assistir la respiració, tot movent les costelles, i donar-li suport a la posició correcta de la columna vertebral (Gillian Higgins, 2011).

La longitud del dors, al igual que el coll, té a veure amb el nombre i la longitud variable de les vèrtebres que el formen. Un dors massa llarg al final pot provocar un dors enfonsat, amb insercions musculars que es debiliten amb l'edat i el treball. Un cavall amb el dors enfonsat, sovint pateix dolor crònic en aquesta zona. Un dors llarg també impedeix que el cavall faci exercicis laterals de qualitat o que es reuneixi. Per contra, un dors massa curt, limita l'amplitud de moviments de les extremitats i dels colzes del cavall verticalment. Aquesta condició és important en algunes disciplines, com són les carreres, el salt i la caça. Tant les costelles com les unions articulars d'aquestes i les unions de les vèrtebres lumbars entre si, eviten que el cavall pugui rotar lateralment la zona que queda per davant de la novena vèrtebra toràcica. Un dors lliure i basculant permet la transició cap endavant de l'energia dels posteriors a través del dors, la línia superior del coll, la nuca i la boca fins la ma del genet. Els cavalls amb el dors tens i rígid és mouen amb menor llibertat i són més incòmodes pel genet. En canvi un dors llarg i dèbil dificulta en el trasllat del pes cap als posteriors. Els dorsos enfonsats, fins i tot tenint un coll ben situat, no es poden arrodonir i provoquen que el cavall elevi el coll durant les transicions¹⁵.

El llom ideal és curt i tan sols fa uns 20 cm de longitud, entre l'última costella i la punta de l'anca. Un cavall que utilitza bé el llom té els glutis arrodonits, la qual cosa li permet ascendir millor l'extremitat posterior, i els quàdriceps desenvolupats, que permetran la impulsió de l'extremitat cap endavant. En canvi, un llom llarg i dèbil, redueix el moviment dels aploms posteriors i presentarà uns glutis i quàdriceps poc desenvolupats (Higgins, 2011).



Imatge 6. Representació dels lligaments i ossos que formen i sostenen el dors. Font: Adaptat de (Gillian Higgins, 2011). Foto: David & Charles 2009.

¹⁵ Transició: canvi d'aire. Els aires són el pas, el trot i el galop, i les seves variants.

2.6. POSTERIORIS

2.6.1. La unió sacrolumbar, la pelvis i la articulació sacroilíaca.

El sacre és un ós triangular format per cinc vèrtebres, completament fusionades quan el cavall arriba als cinc anys d'edat. Proporcionant la connexió ferma entre els posteriors i el tronc del cavall. El sacre es connecta a l'última vèrtebra lumbar creant la unió lumbosacra. La primera vèrtebra sacra té un procés transversal més prominent, anomenat ala sacra, que juntament amb la cresta ilíaca constitueix l'articulació sacroilíaca.

La unió sacrolumbar és el punt on la sisena vèrtebra lumbar i la primera sacra es connecten. És una articulació frontissa, té aproximadament uns vint graus de flexió, fet que indica que aquesta és la zona amb més flexibilitat de l'esпина dorsal, després del coll i la cua. Permetent així al cavall arrodonir el dors i inclinar la pelvis durant el galop. En aquesta zona no hi ha flexió lateral ni rotació, és a dir, per tal que el cavall es pugui moure correctament és important que aquesta unió no quedi restringida de cap manera.

Cada lateral de la pelvis consta de tres ossos fusionats, l'ílium, la tuberositat coxal i el pubis. L'ílium és l'os pelvià més gran i el seu costat exterior, la tuberositat coxal, es pot palpar. La part superior de l'ílium es coneix com a tuberositat sacra i és el punt més alt de la gropa. És el més prominent quan els cavalls estan prims, així doncs, com més angle tingui la pelvis més exagerada serà la protuberància. L'ala de l'ílium es connecta al sacre en l'articulació sacroilíaca. L'isquium està situat a la part posterior de la pelvis, i el seu extrem és la tuberositat isquiàtica, que forma la punta de la natja. El pubis forma la part ventral de la pelvis, que proporciona una superfície extensa on es poden inserir el músculs abdominals, els quals són crucials per aixecar el dors i inclinar la pelvis.

La musculatura d'aquesta regió està formada pel grup muscular de l'iliopsoas, que és el flexor, i el responsable de donar suport a la zona. Els músculs neixen a la part inferior de les vèrtebres lumbar i s'insereixen a la zona inferior i interior de la pelvis. A més a més de donar suport a les vèrtebres i a les articulacions sacroilíaques i sacrolumbar, ajuden a flexionar i rotar el maluc. El múscul extensor principal d'aquesta zona és el gluti mig, que neix a la fàscia torasicolumbar i s'insereix a la pelvis, el maluc i el fèmur. Aquest múscul crea la propulsió, està implicat en la retracció dels posteriors i estén i dóna suport a la unió sacrolumbar i a les articulacions sacroilíaques i del maluc. De la mateixa manera, transfereix la força dels músculs lumbar cap a l'esпина lumbar (Gillian Higgins, 2011).

La reunió del cavall comença als posteriors, en concret a l'articulació lumbosacra, a la zona alta de la gropa, i es transmet a través del dors, la creu i el coll fins a la nuca. L'articulació lumbosacra pivota i rota els posteriors mentre que la pelvis cap endavant i ventralment. Els músculs abdominals ajuden a estirar la pelvis cap endavant, per acte seguit atraure els posteriors.

La inclinació de la gropa ve determinada per la inclinació de la pelvis, des de la punta de l'anca fins a la punta de la natja. Una inclinació considerable i una major longitud de la pelvis donarà major potència als posteriors. Els cavalls amb la pelvis molt inclinada, generen una major impulsió cap amunt, tot i que els passos siguin curts, aquesta és una avantatge per al cavall de tir, ja que la velocitat no és tan important com la força. Una pelvis i una gropa que s'inclinen horitzontalment, permeten que l'articulació del maluc s'allargui quan s'estén el peu, aconseguint així una major impulsió cap endavant. Aquesta configuració, proporciona una gambada fluida, com la que s'observa en la majoria de cavalls de raça Àrab, que tenen una gropa plana i horitzontal. Per a un òptim aprofitament biomecànic durant la locomoció, la gropa hauria d'inclinar-se uns 25 graus i ser relativament llarga en proporció amb el cos. Els músculs llargs a sobre la gropa tenen un major rang de contracció, afavorint la velocitat. Les gropes curtes tenen menor contracció muscular, fet que dona com a resultat un menor efecte palanca i menys potència muscular (S.Loving, 2010).

2.6.2. Del maluc al garró.

L'articulació del maluc és el punt on les extremitats s'uneixen a la pelvis. El cap del fèmur, en forma de bola, s'acobla a al copa acetabular, per la unió de l'ílium, l'ísquium i els ossos púbics. Al ser una articulació de ròtula, el maluc té una capacitat de moviment complet i tan sols està restringit per el lligament accessori, que limita el moviment de separació del cos.

El fèmur, os preparat per rebre la inserció dels músculs del terç posterior, es troba entre el maluc i l'os bisagra del greixet. Aquesta última, que equival al genoll humà, és una articulació situada entre fèmur i tibia. Les sacsejades, els impactes i els cops, s'absorbeixen a través dels coixinets fibro-cartilaginosa situats entre els lligaments. Els lligaments creuats i colaterals eviten la sobreextensió. La ròtula situada davant del greixet, reforça els tendons i la fàscia, on aquests canvien de direcció.

La tibia està situada entre el greixet i la garró, la seva funció principal és proporcionar una zona on s'insereixi la musculatura i els lligaments, dels quals el més important n'és el tendó flexor digital profund. El peroné és de mida molt reduïda, quasi inexistent en el cavalls.

El garró, compost per tres files d'ossos tarsians, és una articulació frontissa equivalent al turmell humà. El tendó d'Aquil·les s'insereix a la tuberositat calcània, la qual equival al taló de l'ésser humà. Una complexa xarxa de músculs, lligaments i tendons permeten al garró treballar ràpida, rítmica i sincronitzadament amb el greixet.

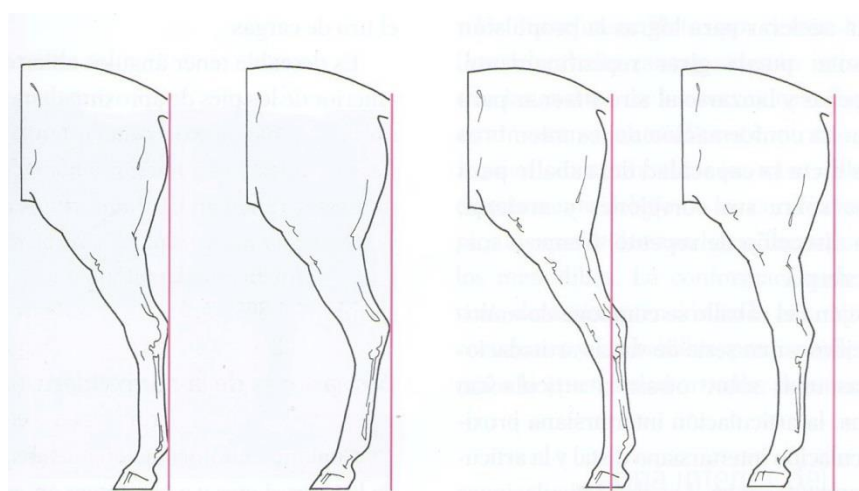
La força propulsora principal del cavall la proporciona la musculatura del terç posterior, inclosa l'extremitat posterior. Els glutis són els músculs que donen als posteriors una imatge arrodonida i potent, proporcionen força i propulsió cap endavant. Els glutis estan formats per tres parts: el gluti superficial, què és el principal responsable de flexionar el maluc; el gluti mig, el més gran del grup, és el principal extensor del maluc; i el gluti profund, que és el responsable de l'abducció de l'extremitat.

Les cuixes descendeixen per la zona posterior de l'extremitat, des del sacre, la primera vèrtebra de la cua i la pelvis. Es fusionen per convertir-se en el tendó d'Aquil·les, el qual s'insereix a la punta del garró. El grup muscular de la cuixa està format pel bíceps femoral, el semi-tendinós i el semi-membranós, que realitzen la funció de propulsió, extensió i estabilització del maluc, extensió i flexió del garró i el greixet i permeten l'abducció i adducció de les extremitats (Gillian Higgins, 2011).

Més del 80% de les coixeses de les extremitats posteriors es produeixen a les articulacions del garró o del greixet, la conformació d'aquestes estructures és molt important, ja que qualsevol disciplina que requereixi reunió, augmenta l'estrès d'aquestes articulacions.

Un posterior relativament dret, serà eficaç al elevar l'extremitat del terra, serà útil per als cavalls de salt i per als quart de milla¹⁶. Al contrari, si els membres són massa drets, l'excés d'estrès es farà notar a les articulacions d'ambdós garrons i greixets, provocant possiblement una artritis.

Les extremitats posteriors llargues, amb un cert angle del membre, ajudaran a que el cavall situï els garrons per sota del cos, característica important per als exemplars de doma ja, que facilita la reunió. Una cuixa llarga i una extremitat curta amb bona musculatura, són favorables per a qualsevol objectiu esportiu, sempre que no siguin les carreres d'hipòdrom. Per als cavalls d'esprint, un maluc, un membre i una cuixa llargs, augmenten l'efecte palanca dels músculs, afavorint la longitud de gambada, la potència i les velocitats òptimes durant un esforç ràpid (S.Loving, 2010).



Il·lustració 3. Vista lateral dels diferents angles de les extremitats posteriors envers la línia de plomada.
Font: adaptat de (S.Loving, 2010).
Il·lustració: Nancy S.Loving.

Normal

Posteriors
avançats

Plantat

Extremitat
massa recta

¹⁶ Quart de milla: raça equina americana molt extensa a nivell mundial per les seves habilitats per treballar amb bestiar i com a cavalls de carreres en la modalitat de quart de milla.

2.7. EL CASC

Els ossos de la peülla comencen amb la primera falange o quartilla, que s'articula amb la canya (tercer metacarp) i els sesamoideus proximals a l'articulació de la garreta. Aquesta última és de tipus gínglim, és a dir, que tan sols permet el moviment en un pla, ja que per la seva estructura només pot flexionar-se i estendre's. Aquest fet és degut a la cresta òssia situada a la base de la canya, que encaixa a la base superior de la primera falange, evitant que l'articulació tingui rotació lateral. La segona falange s'articula amb la primera falange a la part superior, a través de l'articulació interfalàngica proximal, i amb la tercera falange o teixell a la part inferior. En termes mecànics, la primera i la segona falange poden considerar-se com una sola unitat funcional.

El teixell¹⁷ es troba totalment integrat dins l'estoig corni. Està unit a la segona falange mitjançant l'articulació interfalàngica distal. A la zona lateral i medial del teixell es troben els cartílags laterals.

El petit navicular o sesamoideu distal completa el grup d'ossos que formen la peülla. Proporciona al tendó flexor profund un angle constant d'inserció a la part inferior del teixell i actua com esmorteïdor.

Tots els ossos de la zona inferior de les extremitats es mantenen units per una complexa xarxa de lligaments, amb la capacitat d'emmagatzemar i alliberar l'energia acumulada. Aquesta és una dada important, ja que un mal aplom causa una càrrega anormal sobre els lligaments i com a resultat d'aquesta anormalitat el cavall presenta un moviment alterat de l'extremitat.

A la paret interior del casc, s'hi troben les làmines no sensibles (epidèrmiques), i aquestes s'embarquen amb les làmines sensibles (dèrmiques), que s'uneixen al teixell a través del còrion laminar. La paret del casc està fet de queratina, que s'estén des de la vora coronària fins al terra. La capa còrnia està estructurada per milions de túbuls estretament units en direcció longitudinal. Aquest túbuls provenen de la secreció de la queratina del periople, per petites estructures anomenades papil·les.

La queratina del casc pot ser pigmentada o no, o bé una barreja d'ambdues. Hi ha la creença de que el casc fosc és més dur, però és incorrecte, ja que la pigmentació del casc no guarda cap relació amb la duresa (Gail Williams, 1999)

El casc creix un 6 mm aproximadament al mes, la temperatura i la humitat poden afectar en el seu creixement, es a dir, en un ambient massa humit sinó es procura mantenir el casc ben sec, aquest patirà putrefacció per contaminació de microorganismes, i a la inversa, en un ambient massa sec acabarà esquerdant-se verticalment. La forma del casc anterior és més ampla que la del casc posterior, en canvi, el casc posterior és més allargat. Això és un reflex de

¹⁷ Teixell: nom col·loquial que se li dona a la tercera falange.

les diferents funcions biomecàniques que exerceixen, els posteriors estan dissenyats per facilitar la propulsió i els anteriors actuen com a suport.

Aproximadament el 60% del pes del cavall recau sobre les mans i el 40% sobre els peus. Un cavall d'esport de mida mitjana pesa uns 600 kg, és a dir, que suporta 180 kg sobre els anteriors i 120 kg sobre els posteriors, quan està parat. La part de l'extremitat que sosté aquest pes té una superfície d'uns 70 cm², per tant, si fem un càlcul ràpid obtenim que el cavall sosté 2,6 kg/cm² sobre les mans, que a primera vista no sembla tant (excepte quan et trepitja).

Ara bé, quan el cavall es posa en moviment, les seves extremitats no toquen al terra al mateix moment (a galop hi ha moments que tan sols una pota toca el terra). A més, quan es posa en moviment, la força que recau sobre els cascs augmenta, quan més accelera major és la força que ha de suportar el casc. Així doncs, durant la locomoció, l'extremitat anterior ha de resistir l'impacte sobre la paret del casc. Un peu equí ben format, i funcionant correctament, varia la forma al sostenir el pes, ja que la sola perd la seva concavitat i la paret es deforma cap enfora. Els talons poden obrir-se encara més, ja que la paret és més prima als talons i perquè el casc està obert per darrera (Gail Williams, 1999).

CAPITOL 3. SISTEMA DIGESTIU

3.1. ANATOMIA I FUNCIO GENERAL

El cavall va evolucionar com animal de pastoreig, que es movia amb el ramat per buscar farratge. Així doncs el sistema intestinal s'adaptà als petits i freqüents àpats. La pastura era consumida a mesura que creixia, adaptant lentament la microflora de l'intestí del cavall als canvis del valor nutricional de les plantes quan aquestes responien a l'estació i al clima. Quan la font d'aliment es veia reduïda, els animals es traslladaven a noves pastures, en aquest estat idíl·lic, el cavall anava canviant de zona tot mantenint una mínima exercitació.

Avui en dia, els cavalls viuen en general de manera bastant diferent. El desenvolupament urbà i el temps obligà a confinar els cavalls, per una qüestió de comoditat. Els cavalls en estat natural pasturen durant tot el dia; el fet de subministrar aliments dissenyats pels humans, ha alterat dràsticament la manera en que el seu intestí maneja l'aliment. Ara els nutreòlegs s'enfronten al maneig d'un animal que no esta naturalment equipat per tractar amb les racions imposades, amb els horaris dels àpats i les restriccions o excessos d'exercici.

Els diferents òrgans del sistema digestiu s'encarreguen de la nutrició de l'organisme mitjançant les funcions següents:

- Prehensió dels aliments
- Masticació i deglució
- Digestió
- Absorció i emmagatzematge dels nutrients
- Expulsió de les restes no absorbibles dels aliments y substàncies excretades cap a la llum del tub digestiu per les glàndules annexes.

El tub digestiu consta de boca, faringe, esòfag, estomac, intestí prim, intestí gros i conducte anal.

3.1.1. Cavitat bucal, llavis i llengua

La cavitat bucal i els seus òrgans accessoris s'encarreguen de les dos primeres funcions, es a dir, prensió dels aliments i transformació d'aquests en un bolus susceptible de ser engolit. Les terminacions gustatives li permeten conèixer el sabor dels aliments, per acceptar-los o rebutjar-los en funció de les característiques.

La cavitat oral comunica amb la nasal mitjançant dos petits conductes (conductes incisius), els quals s'obren en papil·les incisives, situades immediatament després dels incisius

superiors. En els èquids aquests conductes acaben en un fons sec, sense arribar a obrir-se a la cavitat bucal.

L'obertura bucal està limitada per la vora dels llavis inferior i superior, units per les commissures labials. En els mamífers domèstics serveixen per a la pressió dels aliments i succió de líquids (sobretot durant la lactació). El llavi superior dels cavalls és fort, mòbil i sensible, és utilitzat per situar el farratge entre les dents, a diferència del que passa amb les vaques, que utilitzen la llengua amb aquesta finalitat. En canvi, la llengua del cavall situa el material ingerit entre els molars, que trituraran l'aliment.

La llengua està subjecta caudalment per l'hilioides. Consta d'una mucosa, musculatura estriada, teixit conjuntiu i adipós i algunes glàndules. És molt mòbil. Les seves funcions són les següents:

- Pressió d'aliments (poc rellevant en èquids).
- Masticació: junt amb les galtes mantenen l'aliment dins de les arcades dentàries, on es tritura.
- Deglució.
- Succió de lípids.
- Tacte.
- Gust.

3.1.2. Dentició

- Dentició de llet : $2(I_{3/3} C_{0/0} P_{3/3})^{18} = 24$
- Dentició permanent: $2(I_{3/3} C_{1/1} P_{3-4/3} M_{3/3}) = 40-42$

Els incisius son hipsodonts i la seva longitud oscil·la entre els 5 i 7 cm, disminuint progressivament, de medial a distal. El seu aspecte és d'una piràmide triangular incurvada, amb el vèrtex apuntant cap el pla mig. La curvatura de la corona és major que la de l'arrel, de manera que en els animals joves, els incisius superiors tenen un angle pròxim als 180 graus des d'una vista lateral, però amb l'edat, aquest angle es tanca. Per aquest motiu, en els cavalls joves la superfície de desgast és ample lateralment, els incisius estan molt junts i divergeixen clarament, mentre que en els de més edat la cara oclusiva és primer arrodonida i després triangular i es fan més paral·leles (Climent, 2005).

Els canins són presents tan sols en els mascles i excepcionalment en algunes femelles i tenen una corona curta, que no contacta amb cap altre dent, és a dir, que no pateix desgast.

¹⁸ Id = Incisius desidüs, Cd = canins desidüs, Pd = premolars desidüs

Els premolars i molars són hipsodonts i la seva longitud augmenta progressivament fins la meitat de la regió i després disminueix. El més curt i més vertical és el segon premolar (el primer falta o es vestigial, rebent el nom de *dent de llop*).

El cavall, com ja s'ha descrit, disposa d'incisius a les dues mandíbules, cosa que li permet pasturar el farratge quasi arran de terra. Els cavalls solen mastegar els aliments durant llargs períodes de temps, i els moviments laterals i verticals de la mandíbula, recolzats per una insalivació abundant, permeten a les moles pulveritzar l'aliment fins a reduir-lo a petites partícules cobertes de mucina, aptes per a ser deglutides. Els incisius i els molars permanents creixen contínuament per compensar el desgast, servint els canvis de forma per determinar l'edat del cavall (Climent, 2005).

Entre els herbívors, els cavalls i els ponis depenen en major mesura de la seva dentadura que no pas els rumugants domèstics. Els cavalls no tenen rumen, és a dir, que al consumir l'aliment, aquest ha de ser reduït (suposant una dentadura sana) fins a partícules de menys de 1,6 mm de longitud, abans de ser deglutides. D'aquesta manera queden més exposades a la flora microbiana i als sucus gàstrics. Un exemple molt clar pot ser la fibra. La població microbiana s'ocupa de la fibra al intestí gros. En qualsevol cas, la digestió microbiana dels cavalls és molt menor que no pas la dels rumugants i per tan l'absorció dels nutrients no és tan eficient. Això és perquè l'intestí prim que és on s'hi absorbeixen més nutrients està situat abans de l'àrea de fermentació en el cavall. En els rumugants, l'intestí prim és situa després del rumen, per tant, els rumugants són més eficients en la eliminació i absorció dels nutrients que els cavalls (Pilliner, 2004).

La presència d'aliments a la boca estimula la secreció d'abundant quantitat de saliva. Els animals alimentats normalment, secreten uns 10-12 litres de saliva al dia. Aquest líquid sembla no tenir activitat enzimàtica, tot i així, la mucina fa funció de lubricant tot impedit obstruccions. El contingut en bicarbonat li confereix capacitat tampó. Les concentracions de bicarbonat i de clorur sòdic a la saliva són directament proporcionals al ritme de secreció, és a dir, que augmenten durant l'àpat. La continua secreció de saliva durant l'àpat sembla tamponar els aliments a la zona proximal de l'estomac, fet que possibilita certa fermentació microbiana amb producció de lactat (Frape, 1992).

3.1.3. L'esòfag

És un tub que s'estén des de la laringofaringe fins l'estomac. La porció cervical recorre les dues terceres parts del coll. A mesura que s'aproxima a l'entrada del tòrax, es veu desplaçada cap a l'esquerra de la tràquea. En aquest punt es distingeix el pas de l'aigua o del bolus alimentari; es pot palpar l'extrem mitjançant una sonda gàstrica, cosa que pot ser útil a l'hora de localitzar-la quirúrgicament. La porció toràcica, comença a l'entrada del tòrax i passa per l'esquerra de la tràquea. En aquest punt, la seva cara esquerra discorre paral·lelament i en contacte amb la artèria subclàvia esquerra; torna de seguida a la seva posició dorsal a la tràquea, situant-se entre ella i la porció toràcica. Passada la bifurcació traqueal, l'esòfag es

posa en contacte amb la base del cor, que li proporciona una tremolor característica a la seva cara ventral, i que es pot apreciar per endoscòpia. La porció abdominal és molt curta i en forma de cunya, finalitzant al càrdies, situat ventralment al cos de la catorzena vèrtebra. La seva part dorsal quan travessa el diafragma s'uneix a l'estomac. Tot i així, la cara ventral es relaciona amb el fetge, on deixa una impressió a la vora dorsal, l'escotadura esofàgica. És la zona de l'esòfag amb les parets més gruixudes, poden arribar als 15 mm.

3.1.4. L'estomac

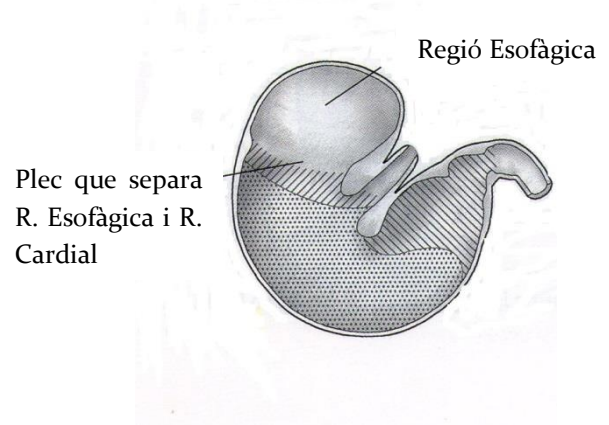
L'estomac és una dilatació del tub digestiu encarregada de rebre, emmagatzemar i processar els aliments, transformant-los en una papilla fluida, que progressa cap a l'intestí prim a un ritme controlat.

El pas a l'estomac està regulat per una poderosa vàlvula muscular anomenada esfínter cardial. Tot i que el cavall pot sentir nàusees, és molt estrany el vòmit, en part degut a la funció d'aquesta vàlvula. Tot i l'extrema pressió abdominal, l'esfínter del càrdies es resisteix a relaxar-se per permetre la regurgitació dels aliments o gasos. Les rares vegades en les quals té lloc el vòmit, els aliments solen sortir a través dels narius. Aquest fet pot indicar la ruptura de l'estomac.

La capacitat mitja de l'estomac del cavall és de 10-12 litres i més o menys té la mida d'una pilota de rugbi quan es troba buit. Es va reomplint a mesura que la digestió es va realitzant, de manera que sempre hi ha, aproximadament, dos terços de líquid ocupant-lo. Això és així suposant que l'animal roman per la pastura, per tant, els animals estabulats a banda dels àpats haurien de disposar de farratge de pas¹⁹ ad libitum per sempre tenir matèria rondant per l'estomac.

El càrdies i el pílor estan molt pròxims. El fundus és gran i s'eleva molt per sobre del càrdies, i pren el nom de sac sec. L'estomac és pot dividir en quatre parts:

- Regió esofàgica: és totalment algandular, és com una àrea de espera per al menjar.
- Regió cardial: el nom li ve per la proximitat al cor. Produeix i secreta muc, que ajuda a protegir l'estomac de



Il·lustració 4. Diferents regions de l'estomac del cavall. Fonts: Climent, 2005.

¹⁹ El farratge de pas és aquell que no està destinat a aportar nutrients a l'animal sinó tan sols a mantenir l'aparell digestiu ple per evitar disfuncions digestives com per exemple les úlceres.

l'acidesa, a través de les glàndules d'aquesta secció.

- Regió pilòrica: conté glàndules pilòriques les quals secreten mucus i petites quantitats de enzims digestius de proteïnes (pepsinasa).
- Regió fúndica: és el cos principal de l'estomac i conté glàndules fúndiques. Tals glàndules estan formades per tres tipus de cèl·lules: (a) cèl·lules parietals, les quals produeixen l'àcid clorhídric i el "factor intrínsec"²⁰. (b) cèl·lules que produeixen mucus i (c) cèl·lules que produeixen enzims.

Com s'ha dit l'estomac del cavall adult és un òrgan petit, el seu volum representa, aproximadament, el 10% del tracte gastrointestinal. Tot i així, en el pollí lactant, la capacitat de l'estomac representa una proporció major de l'aparell digestiu. Els aliments ingerits romanen a l'estomac un període de temps relativament curt, tot i que rarament aquest òrgan es troba completament buit, i una part important dels aliments hi poden romandre durant unes 2 o 3 hores. En relació, l'estomac del bestiar boví pot omplir-se 10 vegades més d'aliment al seu interior. Això és degut a que el cavall ha evolucionat per que els seus àpats siguin petits i freqüents. Quan s'alimenta un cavall amb grans quantitats de concentrat és quan arriben els problemes com la fatiga, la dificultat per respirar o en els pitjor dels casos la laminitis. Aquest fet queda explicat perquè quan molta quantitat de menjar és donada d'un sol cop pot ser que el pas d'aquest per l'estomac sigui massa ràpid, abans de que el bolus tingui temps de barrejar-se amb les secrecions gàstriques, les quals preparen i ajuden a començar la digestió.

La secreció diària i l'alliberació de suc gàstric a l'estomac és de l'ordre de 10-30 litres, veient-se estimulada per la presència física dels aliments a l'òrgan i no per la visió d'aquests. L'acte de la masticació estimula el flux de saliva, el poder tamponant d'aquesta endarrereix la baixada del pH del contingut estomacal. Aquest fet, unit a l'estratificació dels aliments ingerits, determina marcades diferències de pH a les diferents zones (aproximadament 5,4 a la regió fúngica i 2,6 a la regió pilòrica). Les regions esofàgica i fúndica de l'estomac produeixen certa fermentació, especialment al sac cec. La fermentació dona lloc a la formació d'àcid làctic, fonamentalment. A mesura que els aliments s'apropen al pílor, a la zona distal de l'estomac, el pH gàstric disminueix a causa de la secreció d'àcid clorhídric (HCl), que potencia l'activitat proteolítica de la pepsina, que transforma les proteïnes en pèptids. L'activitat d'aquesta última es 15-20 vegades major que a la regió fúngica. A causa de la reduïda mida estomacal i consegüentment, la breu permanència de la matèria, la digestió de la proteïna es poca (Piliner, 2004). Hi ha estudis que han observat que si s'administra lisina de bona qualitat, quan aquesta arriba a l'estomac hi ha un increment de la presència de lisina en plasma, la qual cosa suggereix que podria ser absorbida a l'estomac, ja que, quan s'administra al cec no s'observa cap increment de lisina en plasma (Reitnour, 1975)

Com a resultat de la presència d'aliments a l'estomac, es segreguen grans quantitats de suc pancreàtic, en resposta als estímuls provocats per fibres nervioses vagals i per acció endocrina

²⁰ El factor intrínsec, secretat per les cèl·lules parietals, és necessari per absorbir la vitamina B12.

(hormonal). Bàsicament intervenen la serotonina i la gastrina, la primera produïda a les cèl·lules de les glàndules gàstriques i la segona produïda a les glàndules pilòriques.

Aquesta secreció, que arriba al duodè, té escassa activitat enzimàtica, però aporta grans quantitats de líquids rics en ions de sodi, potassi, clorur i bicarbonat. No obstant, conté certa quantitat de tripsina activa.

El cavall no disposa de vesícula biliar, i l'estimulació de la secreció de bilis i suc pancreàtic es deu a la presència d'àcid clorhídric gàstric al duodè. La secreció d'ambdós líquids cessa passades les 48 hores de dejú. El pH dels aliments que abandonen l'estomac s'eleva ràpidament fins a poc més de 7.

RESUM DE FUNCIONS DE L'ESTOMAC

Mecànica	Secreció exocrina	Secreció endocrina
<ul style="list-style-type: none"> • Recepció del bolus insalivat i emmagatzematge temporal. • Barreja i trituració els aliments gràcies a les contraccions peristàltiques de la capa muscular. • Fa progressar el contingut cap al duodè, coordinant els moviments amb els del pílor i l'intestí. • Al finalitzar la digestió, expulsa cap al duodè les restes sòlides que no han sigut digerides, juntament amb grans quantitats de moc 	<ul style="list-style-type: none"> • Àcid clorhídric: transforma el pepsinogen en pepsina, prepara la digestió de les proteïnes, desencadena la circulació de la secretina duodenal, és bactericida i reforça el peristaltisme. • Pepsina: trenca els enllaços peptídics. • Fermentació(quall): tan sols en lactants. Coagula la llet. • Mucus: protegeix la mucosa de l'acció de l'àcid clorhídric i la pepsina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Serotonina • Gastrina

Taula 5. Resum de funcions de l'estomac del cavall. Font: Adaptat de Climent, 2005.

3.1.5. Intestí prim

Anatomia

L'intestí prim té uns 21 m, tot i així, els productes de la digestió el travessen relativament ràpid en els animals adults, de l'ordre de 30 cm per minut. Consta de tres parts: duodè, jejú i ili.

El duodè és la primera porció de l'intestí prim i va des del pílor fins la flexora duodenojejunal. Està subjecte per un mesoduodè curt. La zona cranial del duodè està estretament relacionada amb el fetge i el pàncrees, tot formant una massa sigmoidea. En el seu interior presenta dos

orificis, al voltant dels quals la mucosa forma plecs constituint les papil·les duodenals major i menor. A les primeres hi desemboca el conducte colèdoc i el pancreàtic principal, i a la segona el conducte pancreàtic accessori.

El jejú és la porció més llarga de l'intestí prim, i en els cadàvers es troba buit, d'aquí al seu nom. El seu mesenteri és molt llarg, la qual cosa li proporciona gran mobilitat. En els èquids, el mesojéjú és excepcionalment llarg i principalment ocupa el quadrant dorsal esquerra. No és estrany trobar introsepcions de l'intestí prim, que produeixen obstrucció, en els poltres joves.

L'íleon s'inicia al flac esquerre, i creua cap al lateral dret a l'alçada del terç caudal de la regió lumbar, presenta una capa muscular molt desenvolupada i una llum més estreta que el jejú. A més d'estar subjecte pel corresponent mesenteri, està unit al cec pel plec ileocecal, on l'extrem proximal serveix de fita, i que indica la unió jejunoileal. Acaba a la unió ileocecal de l'intestí gros, on forma l'orifici ileocecal, tot i que en els èquids és una mica més cranealment, a la cara mitja de la curvatura major de la base del cec. Per altra banda, en els cavalls i altres èquids, és la repleció de les venes de la papil·la la principal responsable d'impedir el reflux de contingut còlic o cecal cap a l'intestí prim. L'esfínter s'obre quan li arriba una contracció peristàltica, tot permetent el pas del contingut cap el còlon, però es tanca fortament quan rep una contracció còlica (Climent, 2005).

Digestió

Amb l'objectiu d'augmentar la superfície de contacte al màxim amb un espai reduït, la mucosa està organitzada amb plecs. Tota la mucosa està coberta amb microvellositats i entre aquestes hi troben les criptes de Lieberkuhn que contenen les glàndules secretores. Hi ha tres tipus de glàndules a l'intestí prim responsables de la producció de diferents enzims:

- Glàndules intestinals o criptes de Lieberkuhn
- Glàndules duodenals o de Bruner
- Glàndules de Peyer

Les glàndules intestinals i les de Peyer és troben a tot l'intestí prim però les glàndules duodenals tan sols a la primera part d'aquest. Les glàndules de Peyer s'acumulen al teixit linfoide i tenen com a funció controlar la població bacteriana produir anticossos.

Els enzims digestius que formen la població de l'intestí prim són d'origen pancreàtic i de les criptes de Lieberkuhn. El suc pancreàtic conté enzims que tenen efecte sobre les proteïnes. La tripsina i la quimiotripsina són secretades en la seva forma inactivada (Tripsinogen i Quimiotripsinogen) i no són activades fins que arriben al duodè i entren en contacte amb la enteroquinasa.

A l'inrevés que a l'estomac a l'intestí prim els enzims necessiten un medi alcalí. La bilis i el suc pancreàtic s'ocupen de mantenir-lo .

La bilis és produïda a l'interior de les cèl·lules del fetge i és producte de la destrucció dels glòbuls rojos. Té un color groc-verdós, és alcalina, conté sals biliars, pigments biliars, colesterol i altres sals. Els pigments biliars resulten de la descomposició de hemoglobina. La bilis neutralitza el quimus i emulsiona els greixos, es a dir, trenca els glòbuls de greix per fer-los més petits i així augmentar la superfície d'acció dels enzims com la lipasa. Com que el cavall no té vesícula biliar, la bilis arriba al duodè des del fetge a través del conducte biliar.

El pàncrees és una glàndula lobulada situada al costat del duodè i que hi desemboca a través de diferents conductes pancreàtics. El pàncrees té dos tipus de teixits: el primer és gruixut i conté glàndules que descarreguen líquid alcalí (Bicarbonat Sòdic), el qual neutralitza el contingut àcid del duodè, i enzims digestius. L'altre teixit, les illetes de Langerhans, produeixen insulina que va directe al torrent sanguini. La producció de suc pancreàtic és continua, però la taxa de secreció s'incrementa cinc vegades més quan l'aliment és present a l'estomac (Piliner, 2004).

Origen	Enzim	Substrat	Producte final	
Boca (glàndules salivals)	Amilasa	Midó	Maltosa, dextrina	
Estomac	Pepsina	Proteïnes	Proteoses, peptones	
Intestí prim (criptes de Lieberkuhn)	Aminopeptidases	Pèptids	Amino àcids	
	Sacarasa	Sucres	Glucosa, fructosa	
	Lactasa	Lactosa	Glucosa, galactosa	
	Maltasa	Maltosa	Glucosa	
	Nucleosidasa	Mononucleòtids	Nucleòsids, pentoses	
	Enteroquinasa (activador)	Tripsinogen	Tripsina,	Quimiotripsina
		Quimiotripsinogen	Àcids grassos,	
	Lipasa	Grasses	glicerol	

Taula 6. Enzims digestius de la primera part de l'aparell digestiu del cavall. Adaptat de (Piliner, 2004).

Els minerals són sobretot absorbits a l'intestí prim, excepte el fòsfor, que és absorbit parcialment al final de l'intestí prim, però sobretot dins al còlon. El calci és absorbit a la part anterior de l'intestí prim, mentre que el magnesi, el sodi, el potassi i els oligoelements, durant tot el tracte de l'intestí prim.

Les matèries que són font d'energia com ara el sucre dels farratges i els concentrats i el midó dels cereals són digerides entre el 70 i 90% (Hidrats de carboni solubles en aigua o hidrats de carboni simples). En el cas dels midons, aquest valor és veuria augmentat si ha patit algun tractament tecnològic com ara l'extrusió, l'expansió, la presentació en flocs, etc.. Els greixos són digerits un 80%. Pel que fa les matèries proteiques, els farratges rics amb parets cel·lulars poc digestibles presenten una digestibilitat del 30%, en canvi, el gra presenta un 60-90% .

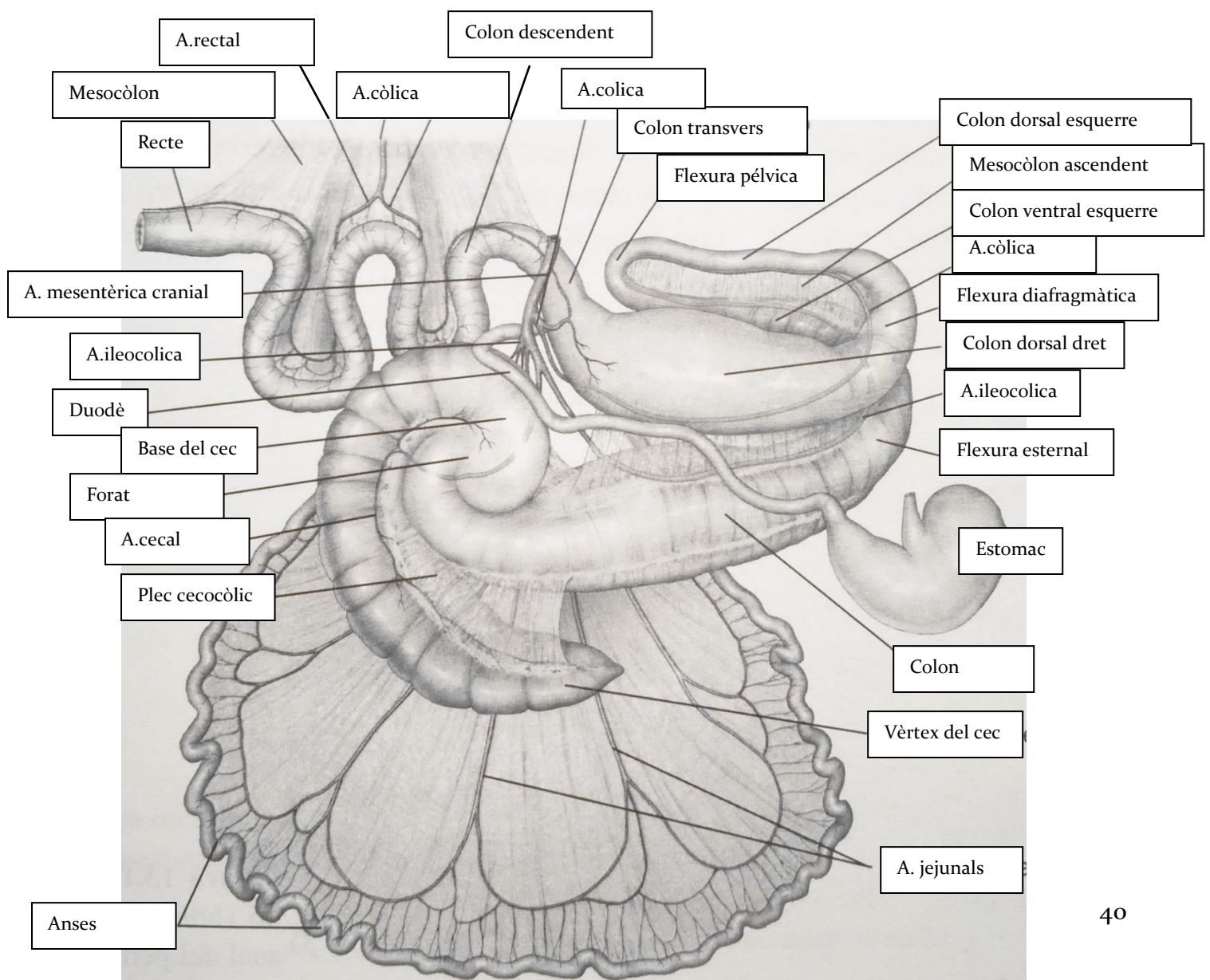
Aquests percentatges són tenint en compte que la digestibilitat real de la totalitat del tracte digestiu és de 90-95% (Martin-Rosset, 2012)

3.1.6. Intestí gros

Anatomia

L'intestí gros consta de cec, còlon i recte. Els èquids són l'espècie que presenta una longitud major de l'intestí gros, i aquest els hi queda situat a la dreta de la cavitat abdominal. El cec és un fons de sac que marca l'inici de l'intestí gros, i comunica amb el còlon per l'orifici cecocòlic.

El cec i el còlon presenten un aspecte peculiar per la presència de saculacions anomenades haustres, determinades per la concentració de la capa muscular longitudinal en unes cintes musculars anomenades tènies. Es tracta doncs d'una especialització destinada a aconseguir la màxima superfície d'absorció de la mucosa en el menor volum d'intestí. Tot i que el cec, amb 30 litres de capacitat, i el còlon, amb 80 litres, s'acosten a la capacitat del rumen. Els processos fermentatius que succeeixen en el seu interior estan condicionats per certes



Il·lustració 5. Vista lateral dreta del paquet intestinal dels cavalls. Font: Adaptat de Climent, 2005

peculiaritats anatòmiques i funcionals que no el fan tan eficaç com en el cas dels remugants.

En la porció distal de l'ili, existeix un sac sec (caecum), d'un metre de longitud en el cavall adult. En un extrem existeixen dues vàlvules musculars, relativament properes, a través de les quals entra la digesta procedent de l'ili i surt del cec cap a la part dreta del còlon ventral. Les parts dreta i esquerra del còlon ventral i els segments esquerre i dret del còlon dorsal, constitueixen el gran còlon, que disposa d'entre 3 i 4 metres de llargada en el cavall adult. Les quatre parets del còlon es connecten mitjançant plecs, que nomenats per ordre són els plecs esternal, pelvià i diafragmàtic. La importància radica en els canvis funcionals i de població microbiana de les diferents regions, i que actuen com a zones d'obstrucció intestinal. La digestió del cec i còlon depenen de la microflora que contenen, i que provoquen la fermentació en aquestes cavitats. El grau de les contraccions intestinals augmenta durant els períodes d'alimentació; fortes contraccions del cec expulsen la digesta cap al còlon ventral i contraccions independents expulsen els gasos. El reflux de la digesta cap al còlon queda bloquejada per la unió sigmoide. El pas de la digesta a través de l'intestí gros és funció, principalment, dels moviments de cada compartiment fins al següent, mitjançant la barrera que els separa. Les barreres són: la vàlvula íleocecal, la vàlvula colònica cecal ventral, la curvatura pelviàna, que separa el còlon ventral i dorsal; i la petita unió colònica dorsal. La resistència als fluxos augmenta en el mateix ordre, és a dir, la última de les barreres és la que oposa major resistència.

La major part de la digesta arriba al cec i còlon ventral tres hores després de l'àpat, de manera que a l'intestí gros és on el material no absorbit passa més temps. En els cavalls, el temps de pas està influït per la forma física de la ració; per exemple, les racions granulades tenen un ritme de pas major que el fenc picat o llarg, i l'herba fresca progressa més ràpidament que el fenc.

El recte és l'última porció intrapelviana del tub digestiu. Abans de finalitzar el conducte anal, forma una dilatació, l'ampolla rectal, molt manifesta en èquids. El conducte anal és la porció terminal curta del tub digestiu, situada al voltant de l'anús. L'obertura és manté tancada per l'acció dels dos esfínters anals, intern i extern. Quan els excrements entren al recte, es produeix un reflex rectoesfintèric, que consisteix en la relaxació de l'esfínter intern, acompanyat de contraccions peristàltiques del recte per expulsar el contingut. Així doncs, els equids no són capaços de controlar la defecació.

Digestió.

L'intestí gros, compartiment més voluminós (180-220 l) es troba sempre ple. Conté els residus de la digestió enzimàtica dels aliments, que s'hi estan unes 24 hores. Allotja una població microbiana important, per activar la transformació, durant el procés de fermentació, dels constituents dels aliments no digerits a l'intestí prim.

La població microbiana de l'intestí gros és de l'ordre de 5 a 7×10^9 gèrmens per gram de contingut digestiu, segons el compartiment (cec i còlon). Els tipus de bacteries més freqüentment identificades són *Streptococcus*, *Bacteroides* i *Lactobacillus*, mentre que els protozous hi són menys presents (10^2 a 10^5). La densitat de bacteries celulolítiques és sis vegades més elevada al cec respecte el còlon, cal remarcar la inversa de llurs volums respectivament: 30 i 180 litres. Les bacteries proteolítiques hi són presents de 2 a 8×10^5 /gram de contingut digestiu. Les condicions fisicoquímiques (pH de 6 a 7) potencien l'efecte òxido-reductor, l'anaerobiosi i la temperatura, favorable per la fermentació dels constituents dels aliments que han escapat de la digestió enzimàtica (Martin-Rosset, 2012).

La funció principal de l'intestí gros és mantenir un ambient segur per als milions de microorganismes que fermenten la part fibrosa de la dieta i que duen a terme la síntesis d'aminoàcids i d'algunes vitamines solubles en aigua com les del grup B. Quina quantitat d'aquests productes és absorbida és encara un tema de debat.

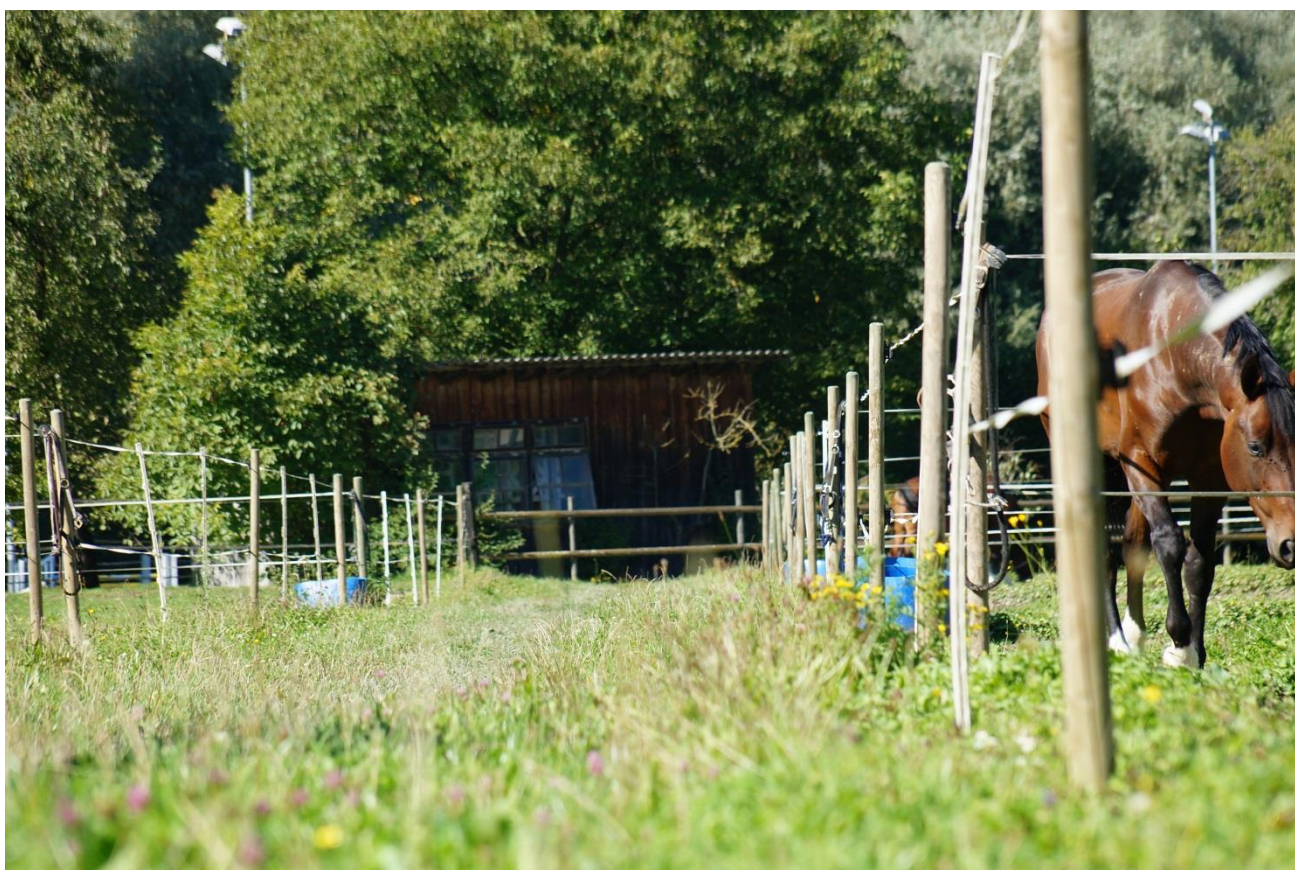
La degradació de les parets vegetals, o cel·lulosa, es tradueix en la producció d'àcids grassos volàtils (AGV): 3 g/l, en termes mitjans, dins el cec i el còlon. La mescla està formada per acetat (70-75%), propionat (18-23%) i butirat (5-7%), que són absorbits dins els compartiments, amb la finalitat de cobrir del 30 al 70% de les demandes energètiques de l'animal, segons la naturalesa de la ració (Martin-Rosset, 2012). La producció microbiana d'AGV del cec pot ser suficient per cobrir el 30% de les necessitats energètiques del cavall en manteniment. AGV addicionals són produïts al còlon, per tant, la contribució dels AGV al total de la energia utilitzada diàriament pot ser important, sobretot aquells cavalls que consumeixen una dieta a base de farratges. L'acetat és el principal AGV produït i el que pot ser usat directament com a font d'energia, sent un 30% de la energia resultant de la seva oxidació utilitzada en les extremitats posteriors. L'acetat que no s'utilitza de manera immediata és probablement responsable de la síntesis de àcids grassos de cadena llarga, els quals són emmagatzemats com a reserva, o durant la lactació, són secretats com a component de la llet. El propionat produït per la fermentació microbiana és utilitzat per a la síntesis hepàtica de glucosa. Aquest mecanisme gluconeogenic és important per mantenir la homeòstasi dels cavalls alimentats amb dieta farratgera. El rol del butirat en el sistema gastrointestinal equí no ha estat ben estudiat i s'accepta la extrapolació de teories d'altres espècies monogàstriques (NRC, 2014).

Tot i que la cel·lulosa és el carbohidrat més abundant dels farratges, altres hidrats de carboni contribueixen a l'energia produïda a partir de la fermentació microbiana dins al tracte gastrointestinal, com la hemicel·lulosa, les pectines, els fructans i els beta-glucans. No tots els carbohidrats són fermentats amb el mateix grau o produeixen les mateixes proporcions d'AGV, les diferències entre les quantitats trobades en els diferents tipus de farratge queden explicades més endavant.

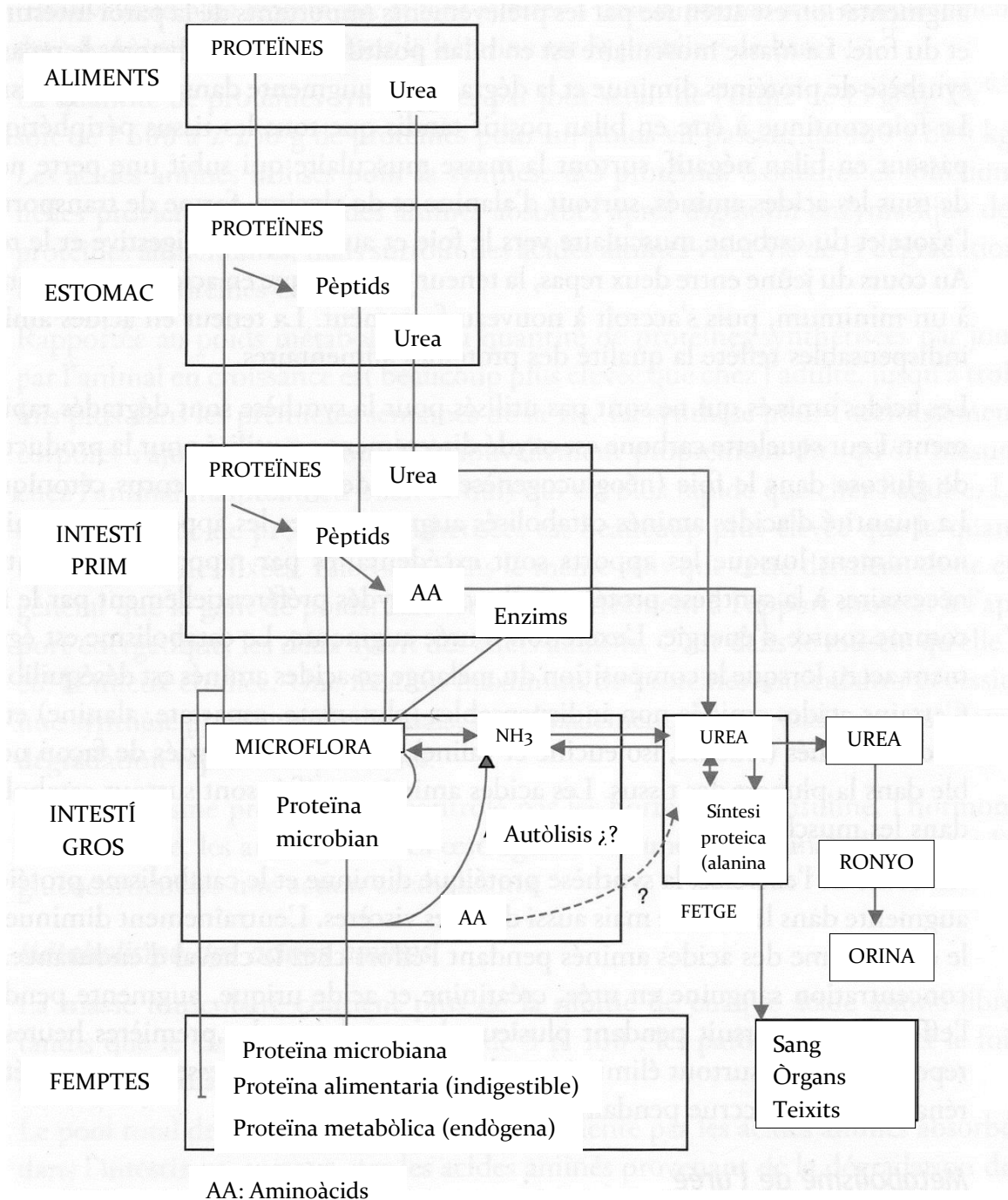
La composició de hidrats de carboni de la dieta afecta al nombre i al tipus de bacteres que habiten l'intestí gros i per tan a les proporcions produïdes d'AGV, existeix un delicat equilibri entre aquests dos factors que pot derivar en problemes metabòlics si la ració no es l'adequada. Aquests i altres trastorns del sistema gastrointestinal seran abordats en capítols posteriors.

La proteïna i el nitrogen no proteic (NNP) que escapen de la digestió de l'intestí prim queden disponibles per a la degradació microbiana a l'intestí gros. Quan les matèries proteiques arriben al sec s'observa un increment de la presència d'amoniac en sang la qual cosa suggereix que l'amoniac és el principal producte nitrogenat absorbit a l'intestí gros. No hi ha evidències de que els aminoàcids resultants de la digestió microbiana absorbits siguin de profit per al cavall, cosa que podria suggerir que el cavall és sensible a la qualitat proteica de la dieta, es a dir, al perfil dels aminoàcids. Cal seguir estudiant aquest camp i considerar la possibilitat de elaborar racions de més qualitat proteica.

Pel que fa a la suplementació amb NNP com la urea, aquesta no resulta útil per al cavall a no ser que la proteïna dietètica sigui deficient. El que provoca la inclusió d'urea a la dieta equilibrada és un increment d'aquesta en sang i una major excreció urinària com a resultat de l'excés que detecta el cos. S'ha d'anar amb compte perquè nivells alts d'urea poden ser tòxics i poden provocar la mort de l'animal en casos extrems (NRC, 2014).



Imatge 7. Detall de padokcs muntats en pastura. Font: Laura Vilà, 2013.



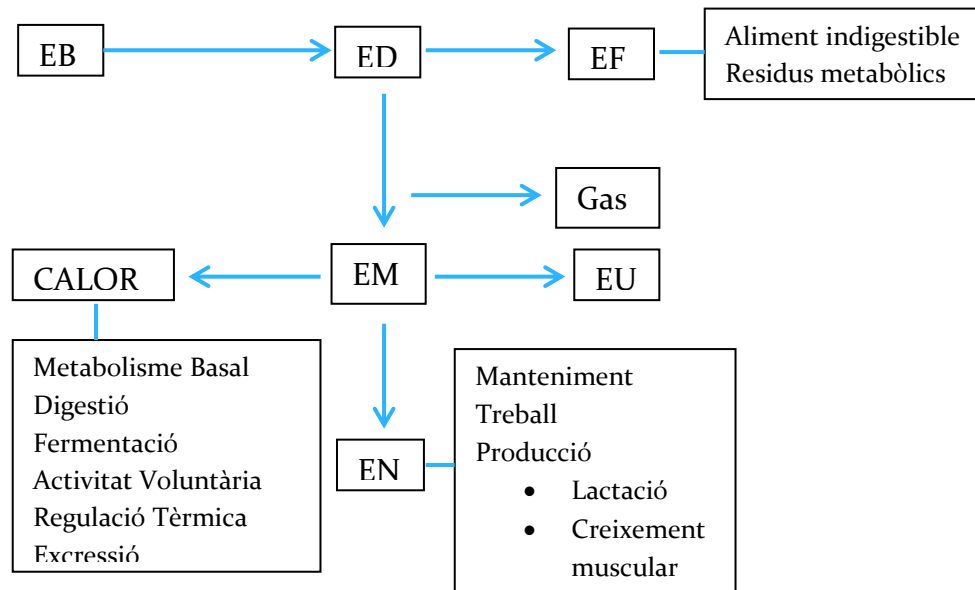
Esquema 2. Digestió de les matèries proteiques en el cavall. Adaptat de (Martin-Rosset, 2012).

Regió Anatòmica	Secreció	Població	Productes de la digestió	Absorció	Trànsit de matèria
Estomac	Mucus Àcid Clorhídric Factor Intrínsec	Pepsina Lipasa	Àcid Làctic	Mínima	Tota la ingesta més les secrecions gàstriques
Intestí Prim	Mucus Bicarbonat Sòdic Lipasa pancreàtica Bilis	Quimiotripsina Tripsina Carboxipeptidasa	Amino àcids Glucosa Triglicèrids Àcids grassos llargs Oligoelements Mg, Ca, Na, K i P	Amino àcids Urea	Fibra Aigua
Cec (Intestí gros)	Aigua Mucina Urea	Streptococcus Bacteroides Lactobacillus Protozous	AGVs Vitamines grup B Proteïna microbiana	AGV Vitamines* Amino àcids*	Fibra restant
Colon (Intestí gros)		Bactèries cel.lulolítiques Bactèries proteolítiques	AGV Vitamines del grup B	AGV Tiamina Amino àcids Aigua Fòsfor	Components indigestibles Residus

Taula 7. Resum de la digestió del cavall. Fonts: (Frape, 1992), (Piliner, 2004), (Martin-Rosset, 2012). (*) no està clar quina quantitat d'aquests productes són realment absorbits.

3.2. ENERGIA

3.2.1. Utilització de l'energia



Esquema 3. Esquema general de la utilització de la energia del cavall. Fonts: NRC i INRA. EB (Energia Bruta); ED (Energia Digestible); EF (Energia Fecal); EM (Energia Metabolitzable); EU (Energia Urinària); EN (Energia Neta).

La utilització dels aliments pel cavall pot ser definida, com els processos digestius i metabòlics de cada etapa que provoquen pèrdues en el valor energètic brut o inicial dels aliments que són ingerits.

Els constituents orgànics dels aliments no són digerits en la seva totalitat. Una part són excretats a les femtes (EF), del 30 al 65% per als farratges (suposant el percentatge més baix per les palles i el més alts pels farratges de bona qualitat) i tenint en compte l'estat de maduració, del 10 al 30% per els aliments concentrats rics en midó (cereals). La energia digestible (ED) és doncs la diferència entre la energia bruta (EB) i l'energia perduda a les femtes (EF). La digestibilitat de la energia (dE) s'obté al dividir l'energia digestible (ED) i la energia bruta (EB). La digestibilitat dels aliments varia del 30 al 90% per la palla i el gra respectivament (Martin-Rosset, 2012).

S'ha de tenir en compte però, que l'energia digestible aquí mencionada és aparent ja que no tot el material excretat a les femtes és d'origen alimentari sinó que hi ha una part que és d'origen cel·lular i excretor de l'aparell digestiu. L'energia digestible verdadera (EDV) pot ser calculada si la matèria fecal endògena és coneguda. La matèria fecal endògena no es determina de forma rutinària en els estudis dels èquids, per tant, la energia digestible (ED) s'expressa com aparent (NRC, 2014).

$$ED = EB - EF$$

$$dE = ED/EB$$

L'aliment restant pateix una pèrdua de l'energia a causa de la fermentació en forma de gas metà que representa el 2% de la energia bruta (EB). L'energia urinària (EU) representa aproximadament un 4% de l'energia bruta i varia segons ho fa la presència de matèria proteica a la dieta. La energia metabolitzable (EM) és la diferència entre l'energia digestible i la suma del gas metà i la energia urinària (EU).

$$EM = ED - EG(\text{Gas}) - EU \quad \text{o} \quad EM = EB - EF - EG - EU$$

La proporció de l'energia metabolitzable dins l'energia digestible (EM/ED) varia enormement amb la naturalesa dels aliments: del 78 al 80% per el tortó d'oleaginoses, del 84 al 88% per als farratges, del 91% per les palles i del 90-95% per als cereals. Tot i així l'energia metabolitzable (EM) de la dieta és considera constant independentment del fi d'utilització.

Els productes finals de la digestió dels aliments són utilitzats per els diferents teixits per cobrir les necessitats energètiques, aquesta és coneix com a energia neta (EN). Però una fracció de la energia neta (EN) és perduda en forma de calor, que correspon al funcionament dels teixits a l'energia gastada durant la síntesis o durant la digestió. La expulsió de la calor depèn en part de la naturalesa dels productes de la digestió però també de la funció per a que són utilitzats (manteniment, creixement, lactació, treball, etc). La transformació de l'energia metabolitzable (EM) en energia neta (EN) depèn d'un cert rendiment (k), el qual varia segons la funció per a la qual es usada l'energia i segons la naturalesa dels productes resultants de la digestió i per tant de la composició de la ració (Martin-Rosset, 2012).

$$k = EN/EM$$

3.2.2. Metabolisme de substrats energètics.

Els substrats energètics utilitzats pel cos provenen d'una banda dels nutrients absorbits durant la digestió i per altra banda de les reserves energètiques (lípid) en situacions de desnutrició.

L'adenosin trifosfat (ATP) és la major font d'energia ràpidament assimilable per les cèl·lules, les quals generen ATP com a resultat del metabolisme de carbohidrats, lípid i proteïnes. Els carbohidrats i els lípid són les fonts d'energia predominants en unes circumstancies normals i el balanç que hi ha entre elles és influït per l'estat fisiològic de l'animal, es a dir, el nivell d'alimentació, la condició física i el tipus de dieta que consumeix (NRC, 2014).

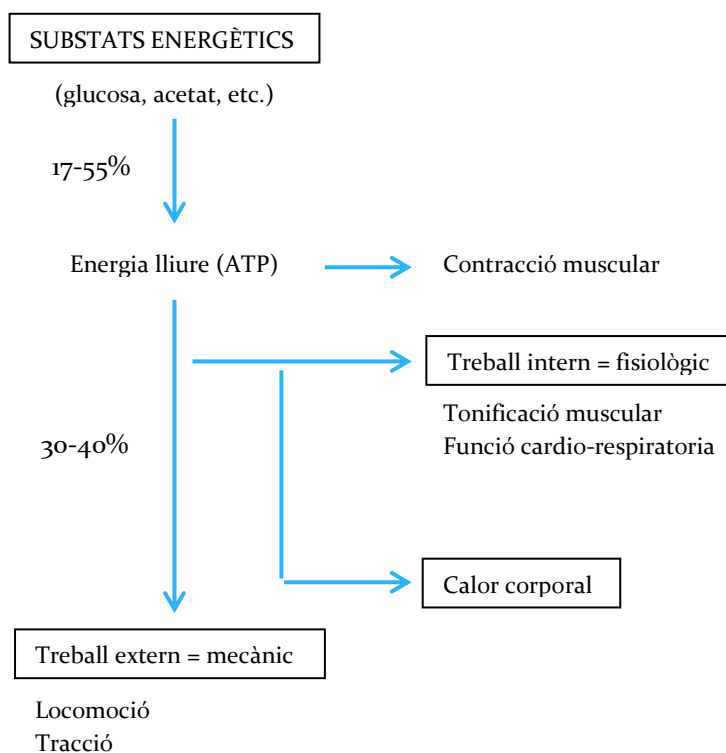
La glucosa i el lactat proporcionen de l'11 al 56% de l'energia total absorbida per als farratges i els aliments concentrats respectivament. Els àcids grassos volàtils (AGV) representen del 71 al 25% de l'energia total absorbida per les mateixes categories d'aliments, tot i que, aquests percentatges varien segons ho fan els principals AGV: 60-76% per l'àcid acètic, del 14 al 25% per l'àcid propiònic i del 10 al 15% per l'àcid butíric. Els àcids grassos llargs proporcionen del 3 al 10% de l'energia total ingerida, percentatge que pot augmentar fins a 15-20% si l'aliment

està enriquit en lípids o l'animal mobilitza una part de les reserves energètiques. Els amino àcids representen d'un 10 a un 13% (Martin-Rosset, 2012).

L'epiteli intestinal n'utilitza una fracció per a les seves despeses energètiques i per les síntesis pròpies. L'epiteli del cec metabolitza una mica de butirat en cossos cetònics. A excepció dels àcids grassos llargs, que són transportats via limfàtica, casi tots els substrats absorbits passen via torrent sanguini a través de la vena porta cap al fetge. Aquest en capta una part per al seu propi metabolisme energètic i els processos de síntesi: glucogen a partir de glucosa, glucosa a partir de propionat, proteïnes a partir d'aminoàcids i triglicèrids a partir d'àcids grassos llargs. La resta van a parar a la circulació general i són utilitzats per els teixits perifèrics. El teixit muscular té reserves de glicogen format a partir de glucosa que li proporciona energia per a la síntesis de proteïna. El teixit adipós sintetitza triglicèrids a partir d'àcids grassos, glucosa, acetat i butirat, el quals són emmagatzemats a l'interior de les vacuoles lipídiques. L'emmagatzematge d'energia és veu estimulat per la secreció d'insulina, la qual augmenta durant la ingestió.

La glucosa és la forma primària de carbohidrat usada per a la producció d'ATP i les cèl·lules la poden obtenir de la circulació o bé de les reserves intracel·lulars de glicogen. La glucosa de la circulació és originada a partir de la gluconeogènesis hepàtica o a partir de l'aliment engolit i digerit pel cavall. Les cèl·lules sanguínies i cerebrals depenen casi totalment de la glucosa com a font d'energia en condicions normals i els teixits utilitzen la grassa com a font d'energia i en alguns casos els aminoàcids. El catabolisme d'aminoàcids s'activa durant la inanició quan les existències energètiques s'han exhaurit, però en alguns casos els aminoàcids són un component minoritari per al a utilització energètica corporal. La grassa és la font d'energia més abundant del cos (Martin-Rosset, 2012).

En un estat de manteniment, el cavall utilitza com a font d'energia principal l'acetat i els àcids grassos llargs provinents dels lípids corporals (àcids grassos no esterificats), i en menor mesura la glucosa, i els aminoàcids en un 80, 63, 85 i 70% respectivament. El rendiment d'utilització de l'energia dels aliments depèn de la composició química d'aquests, la qual varia des del 80% per al panís, del 60-62% pel fenc



Esquema 4. Utilització de l'energia destinada al treball. Els percentatges són els rendiments. Font: adaptat de INRA, 2012.

fins al 43-45% de les palles. En resum, el rendiment varia en la mateixa direcció que la digestibilitat i, per tant, que la concentració d'energia metabolitzable i inversament amb el contingut de parets cel·lulars.

Per al treball el rendiment de la producció d'energia lliure (ATP) és limitada, del 30 i el 40% pels aminoàcids i la glucosa respectivament, estan entremig l'acetat. El rendiment de l'ATP per produir treball mecànic (extern) és del 17 al 55% en funció de la intensitat del treball. Aproximadament un 25% de l'energia utilitzada durant la contracció muscular té diferents utilitats per assegurar el treball fisiològic (intern). Certa despesa d'energia lliure és perd en forma de calor. El rendiment net d'utilització de l'energia per al treball varia del 15 al 28%. L'energia dels farratges és utilitzada menys eficaçment que les dels cereals.

Durant la gestació, el concepte (fetus + annexes) utilitza essencialment glucosa. La glucosa contribueix a la síntesis de les reserves de glicogen, de certs aminoàcids no indispensables, de glicerol i d'una part dels àcids grassos. El rendiment de l'utilització dels diferents nutrients per al creixement tissular del fetus i dels annexes depèn també de la composició química dels aliments de la ració. Està per sota del 25%.

Durant la lactació, la glàndula mamària necessita grans quantitats de glucosa per la síntesis de lactosa i d'altres constituents de la llet i com a font d'energia. A la vascularització de les mames arriba l'acetat, el qual proporciona el 20% de l'energia, i els aminoàcids. L'acetat és el principal precursor dels àcids grassos de la llet, principalment a partir de les proteïnes plasmàtiques. Es creu que l'eficiència d'utilització de nutrients per a la producció de llet és molt elevada tan des de un punt de vista energètic com proteic.

En els animals en creixement, una proporció d'aminoàcids absorbits és utilitzada per la síntesis de proteïnes, la resta són degradats en glucosa o en energia per al funcionament tissular. Com que la síntesis proteica és cara en energia, la energia per al creixement i per l'engreix és limitada depenent de les proporcions de glucosa i àcid acètic corporals disponibles. El rendiment de l'utilització de l'energia per al creixement i engreix és menys que per al manteniment, del 35 al 55% i els rendiment d'energia dels aliments és menys per a produir les reserves que per al creixement (Martin-Rosset, 2012).

3.3. PROTEÏNA

3.3.1. Utilització proteica

El valor proteic dels aliments depèn de:

- La quantitat d'aminoàcids absorbits dins l'intestí prim o proteïnes digestibles dins l'intestí prim (PDIA) d'origen alimentari per cobrir les necessitats de l'animal.
- De la quantitat de proteïna amoniacal i més marginalment dels aminoàcids alimentaris disponibles a l'intestí gros i utilitzades per cobrir les necessitats de la

microflora de l'intestí gros. Els AA provinents de la degradació de les proteïnes alimentaries residuals de l'intestí gros també tenen un paper però més limitat que l'amoniac. Normalment s'anomena proteïna microbiana (PDI_m) a la proteïna amoniaca i d'AA utilitzada a l'intestí gros.

El contingut en Matèria Nitrogenada Digestible (MND) és el principal criteri mesurable de la quantitat d'aminoàcids aportats per l'aliment. Però és un criteri insuficient ja que no fa referència als aminoàcids i l'amoniac dels productes finals absorbits per que hi ha diferències entre la digestió del farratge i el gra. Per tant sobreestima el valor nitrogenat de les matèries primes, especialment dels farratges, i en menor mesura la dels concentrats, quan el seu contingut en Fibra Neutro Detergent (FND) i Fibra Acido Detergent (FAD) o contingut en lignino – cel·lulosa són elevats.

$$MNT = \frac{MND}{dN}$$

El valor nitrogenat depèn del contingut en matèries nitrogenades totals de les matèries primes, de la seva digestibilitat (dN) y de la proporció d'aminoàcids absorbits a l'intestí prim i gros, respectivament. En aquest últim cas, s'expressa mitjançant un coeficient (k) que pot ser de farratges (K_f) o de concentrats (K_c).

$$MNDC = PDI = PDI_a + PDI_m \quad MNDC = MND \times k$$

Coeficient	Tipus d'aliment
Farratges	
K = 0.90	Farratges verds, ensitjats d'herba
K = 0.85	Fenc i farratges deshidratats
K = 0.70	Ensitjat d'herba
K = 0.60	Palla i subproductes rics en lignina
Concentrats Simples	
K = 0.87	Cereals
K = 0.92	Cereals tractats
K = 0.85	Gra de lleguminoses i tortons
K = 0.70	Remolatxa deshidratada
K = 0.60	Closca de soja subproductes rics en lignina

Taula 8. Valor del coeficient de correcció (k) de les matèries proteiques digestibles per calcular el contingut de matèries nitrogenades digestibles del cavall (MNDC). Font: Martin Rosset, 2012.

3.3.2. Metabolisme proteic.

Les proteïnes representen del 21 al 22% de la massa corporal del cavall sense tenir en compte el greix, són del 17 al 19% del pes viu de l'animal segons l'estat d'engreix. Una mica més de la meitat serà el múscul (proteïnes microfibrilars, etc), el 30% està en forma de col·lagen dins els teixits conjuntius, l'esquelet i la pell, del 7 al 8% a la paret digestiva i del fetge i el 3% a la sang. La massa proteica de l'animal està formada d'un 66% de proteïna cel·lular, d'un 30% de col·lagen i d'un 4% de queratina. No hi ha teixits especialitzats per a l'emmagatzematge de proteïnes així com el teixit adipós per a l'energia (Martin-Rosset, 2012).

Les proteïnes són llargues molècules composades per unitats anomenades aminoàcids i aquests estan situats en diferent ordres per formar les proteïnes corporals. Cada proteïna té una composició d'AA diferent i no n'hi ha dos de iguals. A banda les proteïnes poden contenir altres tipus de molècules com el sulfur, el ferro i el fòsfor. El nitrogen i es present al grup amino (NH₂).

Hi ha 22 aminoàcids diferents, alguns d'aquests aminoàcids es coneixen com a essencials o indispensables ja que es proporcionen a la dieta i es caracteritzen per que el cavall no els pot sintetitzar. Altres són coneguts com a no essencials o dispensables ja que són sintetitzats per l'animal i per tant no cal aportar-los a la dieta. En el cas del cavall no se sap quants aminoàcids són indispensables però es coneix que la lisina si ho és (Pilliner, 2004). Per a la resta dels 21 aminoàcids es considera que com espècie no remugant els aminoàcids essencials són 10: l'arginina, la histidina, la isoleucina, la leucina, la lisina, la metionina, la fenilalanina, la treonina, el triptòfan i la valina (NRC, 2014). En canvi, s'ha observat que els cavalls sotmesos a alts nivells d'estrès com els cavalls que competeixen en hipòdrom no són capaços de sintetitzar alguns aminoàcids essencials i necessiten que aquests siguin afegits a la dieta o que els pollins en creixement necessiten metionina com aminoàcid essencial (Frape, 1992).

La sang assegura el transport i l'intercanvi d'aminoàcids entre l'epiteli intestinal, el fetge, la massa muscular i els ronyons. El contingut d'aminoàcids en sang augmenta durant les hores immediates post-àpat i en funció de la riquesa proteica de la ració. En aquest moment la massa muscular encara es troba en balanç positiu de proteïnes. Els primers en disminuir-ne el contingut en sang són les parets intestinals i el fetge. Unes 10 hores post àpat, la síntesis proteica disminueix i la degradació proteica augmenta i el fetge és el que entra en balanç positiu de proteïnes, al contrari que els teixits perifèrics, sobretot la massa muscular que pateix un pèrdua neta important d'alanina i glicina. Aquests dos aminoàcids són responsables del transport del carboni muscular cap el fetge, la paret digestiva i els ronyons. L'equilibri proteic corporal no és una línia recta sinó que són fluctuacions ja que els cos està degradant i sintetitzant proteïnes contínuament (Martin-Rosset, 2012).

Quan els aminoàcids són absorbits, són traslladats per el sistema porta fins al fetge. La quantitat de proteïna consumida per el cavall a vegades pot ser superior a les necessitats immediates i, tot i que té certa capacitat per retenir petites quantitats de proteïna sobrant, en

forma d'albumina en sang, la major part d'AA en excés o els administrats per sobre de la energia disponible utilitzada per a la síntesis de proteïna, són desaminats al fetge obtenint urea i energia com a resultat. L'energia s'obté de l'esquelet hidrocarbonat que sobra quan aquest es separa del grup amino.

El grau en que la proteïna de la ració cobreix les necessitats del cavall depèn de la qualitat i quantitat. Com més semblant siguin les proporcions dels aminoàcids indispensables de la proteïna de la ració, a les proteïnes necessàries per als teixits, més alta és considerada la qualitat de la proteïna. Posem per cas la proteïna del gluten del panís, que conté baixa quantitat en lisina, és consumida i digerida, la quantitat de proteïna que pot utilitzar-se per a la síntesis proteica està en relació amb el contingut de lisina. Com que la lisina és "limitant" és perdrà poca quantitat d'aquesta, ans el contrari passarà amb la resta d'aminoàcids essencials, que és trobaran en excés i seran desaminats. Si la deficiència relativa de la lisina en el gluten s'elimina suplementant la ració amb lisina sintètica, per exemple, les quantitats d'aminoàcids disponibles en el plasma estaran més d'acord amb les necessitats, per tant, podran utilitzar-se per a la síntesis proteica en més quantitat.

La proteïna tissular es degrada fins a aminoàcids i es resintetitza durant el manteniment normal dels animals adults. Aquest procediment no és del tot eficient si li sumem les pèrdues que té l'animal de proteïna en les cèl·lules descamades dels teixits epitelials i en diferents secrecions i per tant obliga a l'aport continu de proteïna per compensar les pèrdues. No obstant, aquestes pèrdues són relativament petites en comparació a les que pot tenir una egua alletant o un poltre en creixement. Es necessita menys quantitat de proteïna o proteïna de pitjor qualitat, per al manteniment que per al creixement o la producció de llet. Tot i així s'ha comprovat que les necessitats del cavall adult en manteniment són menor al administrar proteïna de bona qualitat que no pas quan s'administra proteïna de mala qualitat (Frape, 1992).

Metabolisme de la Urea.

El fetge transforma en urea tots els grups amino dels aminoàcids catabolitzats (producció d'energia, de glucosa i de cossos cetònics) i també la major part de l'amoníac absorbit dins el tub digestiu. La urea és excretada amb la orina pel ronyo i al contingut digestiu per difusió simple a través de la paret digestiva. La població microbiana de l'intestí gros l'hidrolitza en amoníac al igual que els aminoàcids alimentaris i endògens. La proteïna pot ser absorbida, doncs, directament en forma d'amoníac, en forma d'aminoàcids resultants de la síntesi microbiana o bé d'amoníac produït per la degradació proteica microbiana (Esquema 3). Amb unes condicions normals el fetge capta tot l'amoníac absorbit i el transforma sobretot en urea però també el pot utilitzar per a la síntesis d'aminoàcids no indispensables (transaminació). Es creu que certs aminoàcids indispensables podrien també ser sintetitzats si els esquelets carbonats corresponents estiguessin disponibles. El reciclatge de la urea és doncs un sistema de reciclatge que li permet a l'animal fer un millor ús del nitrogen.

3.4. MINERALS

Tot i constituir una part minoritària de la dieta en relació al pes, els minerals juguen un rol important envers la salut equina. Els minerals estan involucrats en nombroses funcions, incloent funcions fisiològiques com ara el balanç àcid – base, formació de components estructurals, cofactors enzimàtics i transferència d'energia. Els cavalls obtenen molts dels minerals necessaris a través dels farratges i el concentrats. El contingut en minerals dels aliments i la disponibilitat d'aquests varia segons les concentracions del sol, l'estat de maduració de la planta i les condicions de la collita. Els minerals són comunament classificats amb macromineral; aquells que es troben i es necessiten en concentracions mesurades en g/kg a la dieta o bé en micromineral; aquells mesurats en ppm o mg/kg.

3.4.1. Macromineral

Calci

El 99% del calci del cos equí es troba a les dents i als ossos. El calci també juga un rol important en diverses funcions com ara durant la contracció muscular, les funcions de membrana cel·lular, la coagulació sanguínia i la regulació de certs enzims (NRC, 2014).

El calci inorgànic es troba present a la dieta en forma carbonatada, sulfatada o d'òxid i com ja s'ha dit anteriorment s'absorbeix al principi de l'intestí prim. Els percentatges d'absorció varien segons el contingut en la dieta i la naturalesa d'aquesta però per fer-se una idea solen estar sobre el 50%. És absorbit mitjançant difusió passiva o facilitada o bé per transport actiu. L'absorció disminueix amb l'edat i varia segons l'estat fisiològic (Martin-Rosset, 2012). Altres factors que afecten a la absorció del calci són la concentració de fòsfor, fitat i oxalat a la dieta, com més augmenta la concentració de calci més disminueix la eficiència d'absorció d'aquest (Martin-Rosset, 2012). Però, l'absorció aparent del calci és major en els cavalls alimentats amb alfals que no pas en altres fenc, aproximadament del 72 i 40% respectivament (Sturgeon, 2000)

Com a resposta a un baix contingut de l'ió calci a la sang, les hormones paratiroides (PTH) són secretades amb l'ordre de restablir les concentracions normals mitjançant la reabsorció òssia i renal (NRC, 2014).

Fòsfor

Com el calci, la majoria del fòsfor (80%) es troba al teixit ossi, constituent del 14 al 17% de tot l'esquelet. El fòsfor és necessari per les reaccions de transferència d'energia associades al adenosin difosfat (ADP) i adenosin trifosfat (ATP), i per la síntesis de fosfolípids, àcids nucleics i fosfoproteïnes.

Fitat de fòsfor és la sal que típicament es troba a les plantes que constitueixen la dieta dels èquids, el fitat junt amb el fòsfor és absorbit a l'intestí prim i gros, o sigui que es poden trobar

restes de fitat a l'intestí gros que seran excretades. Les dietes riques en oxalats afecten negativament a la retenció de fòsfor.

L'absorció verdadera és variable i normalment és mou entre el 30 i el 55%. S'assumeix que és major en pollins que consumeixen la llet que no pas en poltres més madurs. La eficiència d'absorció és del 35% per als cavalls madurs excepte per les eugues lactants i els animals en creixement, la qual augmenta fins al 45% sempre i quan les dietes estiguin suplementades amb fòsfor inorgànic Pot variar depenent d'altres components de la dieta, del tipus de fòsfor que proporciona la dieta i de la edat del cavall (Martin-Rosset, 2012), (NRC, 2014).

Magnesi

El magnesi (Mg) constitueix aproximadament el 0.05% de la massa corporal. El 60% és troba a l'esquelet i l'altre 30% al múscul. És un io important per la sang, juga un rol important en l'activació d'enzims i participa en la contracció muscular.

L'absorció del magnesi te lloc fonamentalment a l'intestí prim i varia segons la funció fisiològica. L'excés de fòsfor i potassi disminueixen la digestibilitat del magnesi i per tant la quantitat d'absorció serà menor.

La digestibilitat aparent del magnesi és major en fenc d'alfals (51%) que en els concentrats (31%) (Staderman, 1992)

Potassi

Com a major catió intracel·lular, el Potassi (K) es troba essencialment als músculs (75%), ja que juga un rol important en l'activació d'aquests, tan sols un 5% a l'esquelet, la sang i el contingut digestiu i un 10% a la resta de teixits. Està implicat fonamentalment en l'equilibri acid-base i la pressió osmòtica (Martin-Rosset, 2012).

L'absorció d'aquest mineral és elevada sobretot en els animals en manteniment i en les eugues gestants. S'estima que la digestibilitat real del potassi ronda el 75% i que en cas d'excés a la dieta el cavall l'excreta per via urinària i fecal, però, quan n'hi ha un dèficit l'animal no es capaç de conservar-ne (Jansson, 1999).

Sodi

El Sodi (Na) és crític per al normal funcionament del sistema nerviós central, generant potencials d'acció durant l'excitació dels teixits, transporta moltes substancies com ara la glucosa entre les membranes cel·lulars. És el catió extracel·lular més abundant i el major electròlit responsable de l'equilibri acid-base i la regulació osmòtica. L'esquelet conte 51.1% del sodi corporal, l'ingesta conte el 12.4%, la sang i el múscul el 10.8%, la pell el 8.5% i els òrgans contenen el 2.1%.

Hi ha una important circulació de sodi al paquet intestinal d'origen intern o be de la dieta, sobretot al final de l'intestí prim on és reabsorbit casi en la seva totalitat (95%). Del 75-94% del sodi ingerit és absorbit (Martin-Rosset, 2012). S'han de complementar els cavalls que estiguin realitzant entrenaments diaris per substituir les pèrdues per suor. Els blocs de sal que comunment es veuen a les quadres són amb aquesta finalitat. També es poden administrar electròlits via oral amb xeringa durant les competicions (NRC, 2014).

A diferència del potassi la pèrdua via urinària és veu reduïda en el cas del sodi quan aquest és deficient a la dieta, per exemple després de realitzar exercici (NRC, 2014).

Clor

El clor (Cl) normalment acompanya al sodi a la dieta. És un anió extracel·lular important per l'equilibri acid-base i la regulació osmòtica. També és un component essencial de la bilis i un component important per a la formació d'àcid clorhídric (NRC, 2014).

L'absorció del clor és del 100% i no és veu afectat per les variacions de concentració del sodi (Martin-Rosset, 2012).

Sofre

El sofre (S) és present als aminoàcids, a la vitamina B (tiamina i biotina), a la heparina, etc representant 0.15% del pes corporal. El sofre que contenen la cisteïna i la metionina juga un rol important com a component estructural de les proteïnes i els enzims. La tiamina està involucrada en el metabolisme de carbohidrats, la biotina és un co-enzim que fa de intermediari metabòlic, la heparina fa funció d'anticoagulant, la insulina ajuda a regular el metabolisme de carbohidrats.

Els cavalls necessiten sofre orgànic i inorgànic. Una part del sulfur inorgànic de la dieta és incorporat a la proteïna microbiana a l'intestí gros, però l'absorció d'aminoàcids en aquesta zona és limitada. Les formes inorgàniques del sofre dietètic són usades en la síntesis d'algunes substàncies com la heparina o la insulina. Una dieta d'alta qualitat proteica (farina de soja) proporciona el 0.15% de el sofre orgànic. No hi ha estudis realitzats sobre l'absorció del sofre però és creu que el cos en deix escapar molta quantitat en estats de repòs i que en reté en els cavalls que estan fent exercici (Martin-Rosset, 2012).

3.4.2. Microminerals

Cobalt

La microflora del cec i el colon utilitza el cobalt (Co) per a la síntesis de vitamina B₁₂ que està relacionada amb el ferro i el coure durant la hematopoesis o formació de cèl·lules vermelles.

No hi ha estudis que reflexin l'absorció ni les necessitats de cobalt ,es a dir, que s'extrapola d'altres espècies.

Coure

El coure (Cu) és essencial per als enzims involucrats en la síntesis i el manteniment dels teixits elàstics, mobilització de les reserves de ferro, preservació de la integritat de la mitocòndria, síntesis de melanina i de la desintoxicació de superòxid.

La digestibilitat verdadera es situa al 40% en els cavalls adults tan si estan en manteniment com si estan realitzant exercici. En canvi la digestibilitat aparent és major en el granulats i l'alfals que no pas els fenificats. S'ha de tenir en compte que el coure interacciona amb molts minerals com el sofre, el zinc, el seleni, el cadmi, el ferro entre d'altres.

Iode

La majoria del iode (I) és troba a la glàndula tiroide i és necessari per a la síntesis de tiroxina (T₄) i triiodetironina (T₃), hormones reguladores del metabolisme basal. L'efecte d'aquest micromineral va molt lligat a la presència de seleni, es a dir, que quan aquest últim és insuficient el teixit de la tiroides pot ser danyat.

La digestibilitat del iode és aparentment alta i s'observa excreció urinària quan n'hi ha en excés.

Ferro

El ferro (Fe) és troba present en la hemoglobina (60%), la mioglobina(20%), als citocroms i d'altres sistemes enzimàtics (0.2%). Joga un paper important en el transport d'oxigen a les cèl·lules. Per fer-se una idea un cavall de 500Kg conte 33gr de ferro.

L'absorció del ferro en els cavalls i en els animals no remugants és del 15% o menys sent més eficientment absorbit en els recent nascuts. S'ha d'anar amb compte amb els excessos orals de ferro ja que poden causar disfunció de la melsa al quedar en forma lliure. L'utilització del ferro disminueix amb nivells per sobre del normal de cadmi, cobalt, coure, manganès i zinc.

Manganès

El manganès (Mn) és necessari per al metabolisme lipídic i de carbohidrats i per la síntesis de sulfat de condroitina necessari per la formació de cartílag.

L'absorció verdadera del manganès és del 28.5% aproximadament en els cavalls adults, observant-se una disminució de l'absorció en els cavalls d'esport.

Seleni

El seleni (Se) ha adquirit importància en els últims temps, al conèixer que forma part de la glutació peroxidasa (GSH-P). Aquest enzim catalitza la desintoxicació de peròxids en els teixits de l'organisme, procés durant el qual s'oxida el glutatió reduït (GSH); està estretament

relacionat amb l'activitat de la vitamina E que protegeix els àcids grassos poliinsaturats de la peroxidació. Les necessitats de vitamina E i seleni augmenten en presència d'alts nivells d'àcids grassos poliinsaturats en la ració (oli de bacallà, olis de lli i blat de moro i alguna herba de les pastures) (Frape, 1992). Una altra funció important d'aquest mineral és que està involucrat en el metabolisme de la hormona triiodotiroïdina (T₃) ja que és un seleno-enzim present a la tiroide, als fetges i al ronyó (Martin-Rosset, 2012).

El seleni dels farratges i el gra és orgànic en forma de selenocisteïna, selenocistina i selenometionina. El sodi inorgànic que es dona com a suplement està en forma de selenat de sodi o selenit de sodi, i no presenta diferències de biodisponibilitat envers el seleni orgànic de la dieta. S'ha d'anar amb compte ja que és una substància tòxica per al cavall en formes excessives com per a les persones que el manegen (NRC, 2014).

Zinc

El zinc (Zn) està present a l'organisme com a component de molts enzims com les alcalino fosfatases i les carboxipeptidases. La major concentració de zinc es troba a l'iris i a la glàndula de la pròstata. Concentracions menors de zinc es poden trobar a la pell, a la melsa, als ossos i als músculs.

S'ha reportat que la digestibilitat real del zinc és del 21% (Pagan J. , 1994) i que aquesta disminueix fins al 14% en els cavalls que realitzen exercici vers els cavalls sedentaris (Hudson, 2001)

3.4.3. Metabolisme dels minerals

Les mesures de les quantitats ingerides i excretades resulten insuficients per determinar la utilització dels minerals pels cavalls. La part que és absorbida va destinada a les funcions de cada mineral, però, hi ha una altra part que va a parar a l'orina i el sèrum. A la mateixa vegada la part que es absorbeix posem per exemple del calci, que aniria a parar a l'ós. L'os n'absorbeix un tant però també n'allibera un altre tant, es a dir, que la retenció òssia del calci seria la diferència entre l'absorció vers l'alliberació. Tot això suposant que els paràmetres de la absorció intestinal i l'excreció renal son regulats eficaçment per hormones (Martin-Rosset, 2012).

3.5. VITAMINES

Les vitamines són un nutrient inorgànic que és requerit en petites quantitats. Moltes vitamines tenen funcions en les reaccions metabòliques, on són usades una i altra vegada. Tot i que les vitamines són requerides en quantitats menors són vitals per la vida. Deficiències poden causar malalties severes, però per altra banda, prendre-les en excés pot resultar tòxic per als cavalls.

Les vitamines es classifiquen en dos grups: les liposolubles i les hidrosolubles. Les vitamines que tan sols funcionen després de patir canvis químics s'anomenen provitamines o precursors de vitamines. Per exemple, el beta carotè que és convertit a vitamina A (Piliner, 2004).

3.5.1. Vitamines liposolubles

Vitamina A

La funció clàssica de la vitamina A és la visió nocturna, a banda també exerceix una regulació de la expressió gènica a les cèl·lules i té un paper important durant la reproducció i la embriogènesis (NRC, 2014).

El beta carotè sintetitzat per les plantes és el principal recurs de vitamina A per als mamífers. Aquesta forma d'aport necessita ser hidrolitzada per poder ser absorbida. L'enzim que catalitza tal reacció s'anomena di-oxigenasa o carotenasa la qual és molt activa en els cavalls (Martin-Rosset, 2012). 1mg de beta carotè equival a 400UI²¹ de vitamina A. Els farratges contenen de 30 a 385mg de beta carotè/kg MS, les pastures fresques solen contenir més quantitat que no pas els fenificats. Els factors com el grau de maduració, condicions de la collita i el temps d'emmagatzematge influeixen en les concentracions de beta carotè. Entre els cereals de gra, el panís té gran quantitat de beta carotens (aproximadament 6mg/kg MS) (NRC, 2014).

La quantitat de lípids de la dieta afecta a l'estat de la vitamina A, es a dir, si la ració és pobre en lípids l'aport de vitamina serà dèbil i tindrà una pitjor absorció a l'intestí prim (Martin-Rosset, 2012).

Vitamina D

Aquesta vitamina té un paper fonamental en la homeòstasis del calci ja que facilita l'absorció d'aquest a l'intestí i la reabsorció als ronyons, també influeix en la mobilització del calci i del fòsfor a nivell ossi. S'ha demostrat que la vitamina D influeix en el creixement i diferenciació cel·lular (NRC, 2014).

La forma metabòlica activa s'anomena dihidrocolecalciferol hidroxilat en posició 25 a nivell hepàtic i en posició 1 a nivell renal, metabòlit també conegut amb el nom de calcitriol (hormona tiroidea). L'ergocalciferol (vit D₂) és present als aliments del cavall sintetitzat a partir de l'ergosterol sota l'acció dels rajos del sol (UV), mentre que el colecalciferol (vit D₃) ingerit és sintetitzat a la pell per l'acció dels UV a partir del 7-dihidrocolesterol. Ambdues vitamines donen com a resultat el calcitriol després de ser metabolitzades (Martin-Rosset, 2012). És per això que aquesta vitamina és coneguda com a vitamina del sol, motiu suficient per no tenir els cavalls amb manta a l'estiu o estabulats en box on no hi entra la llum.

²¹ UI: unitats internacionals

La vitamina D₂ i D₃ està poc present en els aliments usats per l'alimentació equina, el fenc d'alfals és un dels que en conté més. Per aquest motiu la vitamina D₃ és un dels suplementes més comuns (NRC, 2014) als països amb poca il·luminació solar.

Vitamina E

El terme vitamina E fa referència en realitat a un grup de compostos anomenats tocoperols (Martin-Rosset, 2012). La funció principal d'aquesta vitamina és la de antioxidant. La seva naturalesa lipolítica li permet incorporar-se a les membranes on protegeix els lípids insaturats i altres components de membrana susceptibles a dany oxidatiu.

La vit E està associada al seleni, aquesta dona un àtom d'hidrogen del seu grup fenòlic al radical dels lípids peroxidats, produïts durant la autooxidació de les membranes poliinsaturades dels àcids grassos, per formar radicals lipídics més estables. El subseqüent lípid peroxidat és degradat per l'enzim seleni-dependent glutatió peroxidasa. Normalment el dèficit de ambdues substàncies va junt.

Les concentracions de vit E varien considerablement entre els aliments més usats per l'alimentació del cavall. Els farratges frescos i aquells que es troben en estats immadurs generalment en contenen més quantitat que no pas el gra, els qual tendeix a tenir-ne menys concentració. S'ha de tenir en compte que la vit E és perd amb el temps d'emmagatzematge. Molts aliments comercials per a cavalls la porten incorporada en forma de suplement (NRC, 2014).

Vitamina K

La vit K intervé en la transformació de la trombina a partir de la fototrombina en la síntesis de l'osteocalcina, proteïna òssia implicada en els processos de mineralització. Aquesta vitamina és sintetitzada a nivell còlic per la microflora endògena, per tant en principi amb un funcionament normal no és necessari l'aport exogen d'aquesta vitamina (Martin-Rosset, 2012).

3.5.2. Vitamines hidrosolubles

Vitamines del grup B

Les vitamines del grup B són un conjunt de cofactors enzimàtics implicats en diverses reaccions metabòliques i les necessitats són cobertes tan per la dieta com per via endògena a partir de la síntesis microbiana.

Vitamina	Funció	On es troben
Thiamina B ₁	Metabolisme de carbohidrats : implicada en la descarboxilació oxidativa i no oxidativa i la transmetilació.	Alta concentració al gra de cereal i subproductes d'aquest, al les llevadores i als suplement proteics.
Riboflavina B ₂	Involucrada en les reaccions d'oxidació reducció, metabolisme de fàrmacs i lípids i mecanismes de defensa.	Alta concentració a les lleguminoses com l'alfals i el trèvol. Baixes concentracions al fenc de pastura i als cereals
Niacina B ₃	Involucrada en les reaccions d'oxidació-reducció, processos del DNA, diferenciació de cèl·lules i mobilització del calci.	Present als aliments en forma de nicotidamina i d'àcid nicotínic. Aport endogen a partir del triptòfan. Està present al panís, l'ordi, la civada i a la farina de soja.
Pridoxina B ₆	Intervé en les reaccions de transaminació duran la síntesis i el catabolisme de proteïnes.	Sintetitzada al tracte gastrointestinal.
Biotina B ₈	Co-enzim implicat en el metabolisme lipídic, proteic, glicosídic i energètic.	Els aliments que més en contenen són l'alfals, la civada i la farina de soja i el que menys els panís.
Acid fòlic B ₉	Necessari per les reaccions del DNA com la síntesis de purina i metionina.	Sintetitzada per els microorganismes del tracte digestiu però també present a l'aliment. Present a l'alfals i als cereals.
Cobalamina B ₁₂	Co-factor enzimàtic important durant la síntesis de purines i pirimidines. Participa també en la síntesi de proteïnes, carbohidrats i en el metabolisme de lípids.	Sintetitzada pels microorganismes del tracte intestinal.

Taula 9. Descripció de les funcions i la presència en els aliments de les vitamines del grup B. Font: NRC i INRA.

CAPÍTOL 4.NECESSITATS (INRA)

Tant el valor nutritiu dels aliments, com les necessitats nutritives del cavall poden ser calculades a través de diferents mètodes, i expressades en diferents unitats, les quals són interconvertibles. Els sistemes antics estaven basats amb el total dels nutrients digestibles (TDN) o l'energia neta (EN), calculats d'acord amb els principis que l'alemany Kellner va fixar el 1907. Més endavant, s'originaren nous conceptes nutricionals propis dels cavalls, com la Unitat Farratgera Cavall (UFC) i les Matèries Nitrogenades Digestibles Cavall (MNDC), elaborades i publicades per l'INRA el 1984 i el 1990, respectivament, i adquirides com a sistema nutricional per Holanda (Ellis, 2002). Paral·lelament, els Estats Units elaborà el sistema NRC, basat en el sistema d'energia digestible (NRC, 1973), el qual també fou introduït a les taules alemanyes per Meyer el 1982.

Les matrius de composició química de les matèries primeres i les diferents fórmules per obtenir els valor energètic i proteic dels aliments i les necessitats, han sigut obtinguts a partir de les taules de l'INRA actualitzades. Alguns valors de composició química i de digestibilitat són diferents per les matèries primeres, que són comunes a les antigues i noves taules. Com a conseqüència, els valors d'UFC poden variar. A més a més, que el valor energètic de referència de l'ordi ha augmentat lleugerament de 2200 kcal/kg (INRA, 1984) a 2250 kcal/kg, a conseqüència dels nous treballs realitzats per INRA (W.Martin-Rosset, 1997).

Els dos sistemes més utilitzats actualment a la península Ibèrica són l'NRC (National Research Council) i de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), a través de les publicacions de *Nutrient Requirements of Horses* i *Alimentation des Chevaux*, respectivament.

Les necessitats d'energia i proteïna, són expressades en energia digestible (ED) i proteïna bruta (PB) pel sistema NRC, i en energia neta (EN), en relació a l'ordi de referència, mesurada en UFC i MNDC, que és la proteïna digestible corregida pel seu aport d'aminoàcids pel sistema INRA. Cap dels dos sistemes especifica necessitats de fibra bruta i midó. El sistema NRC indica algunes necessitats mínimes de lisina per cada estat fisiològic, mentre que el sistema INRA únicament precisa lisina per als poltres.

4.1. MANTENIMENT DEL CAVALL ADULT

4.1.1. Consum de matèria seca ingerida (MSI)

Els cavalls, com els altres animals, consumeixen aliments per cobrir les necessitats energètiques. La seva capacitat d'ingestió augmenta doncs en quan ho fan les necessitats energètiques. La capacitat d'ingestió és pot expressar en matèria seca ingerida per quilo de pes viu metabòlic (g MS/kg PV^{0.75}). Però, la capacitat d'ingestió varia amb el volum digestiu

disponible i per tant amb la grandària de cada cavall. Per aquest motiu la capacitat d'ingestió també pot ser expressada per quilo de pes viu (kg MS/Kg PV).

La capacitat d'ingestió està lligada als factor ambientals, es a dir, que augmenta amb el fred i disminueix amb la calor. També disminueix amb l'estrès que provoca el transport, els canvis físics i psíquics. La capacita d'ingestió és igualment sensible als canvis nutricionals com la insuficiència d'aigua i la insuficient complementació vitaminico-mineral o als canvis digestius induïts per parasitisme.

$$\text{Consum (MSI)} = 1.6 \times \text{kgMS} / 100 \text{ kg PV}$$

4.1.2. Necessitats energètiques (UFC)

Les necessitats de manteniment (Nm) corresponen a la quantitat d'energia necessària per cobrir les despeses energètiques corresponents al manteniment de les funcions vitals i de l'activitat voluntària dels cavalls que no estan en producció ni fan cap tipus de treball. L'objectiu és mantenir el pes constant, i sense variacions en la composició corporal. Les necessitats estan expressades en funció del pes viu metabòlic ($PV^{0.75}$) del cavall.

El metabolisme basal és el component majoritari de les necessitats de manteniment, correspon a la despesa d'energia de l'animal en dejú, en zona de neutralitat tèrmica, i en condicions de repòs. És responsable, també, del funcionament dels òrgans vitals, i de mantenir la integritat de les cèl·lules i els teixits (renovació de proteïnes, de lípids, transport d'ions, etc.).

Al metabolisme basal, s'hi sumen les despeses d'ingestió i digestió d'aliments, l'excreció de substàncies tòxiques, la termoregulació i l'activitat física espontània. Cal destacar que en el cas dels èquids, a diferència dels humans i el remugants, el fet d'estar de peu no els hi suposa despesa energètica, gràcies a un eficient sistema de lligaments suspensors.

$$Nm(UFC^{22}) = X^{23} \times (0,0373 \text{ UFC/Kg } PV^{0.75})$$

Les necessitats energètiques de manteniment varien de forma individual segons el sexe, la raça i l'activitat (Taula 10).

²² UFC: La Unitat Farratgera Cavall és el valor que representa l'energia.

²³ X: variació de la despesa de manteniment segons el sexe, l'activitat i la raça (taula 10).

Activitat	Sexe		Raça			
	Masclle	Femella	Pesada o Tir	Sella	Cursa	Ponis
Repòs	10	0	0	5	10	10
Treball	-	-	15	17,5	35	7,5
Semental en repòs	-	-	5	15	20	7,5
Semental en munta	-	-	10	20	25	12,5

Taula 10. (X) Variació de la despesa de manteniment segons el sexe, l'activitat i la raça (%). Adaptat d'INRA, 2012.

La despesa energètica està afectada per les variacions climàtiques, de manera que el cavall s'hi adapta. Mitjançant la conducció, convexió, radiació i evaporació, controla l'augment o disminució de la temperatura corporal, per mantenir-la constant a 38 graus. La zona de neutralitat tèrmica (ZNT) es determina segons les zones climàtiques. A les zones temperades, com és el cas de la Península Ibèrica, la ZNT va de +5 graus a +25 graus, a les zones fredes va de -15 graus a 10 graus. L'aclimatació del cavall, ja sigui a temperatures fredes o calentes, és d'aproximadament unes tres setmanes per als cavalls en repòs, i d'unes dues setmanes per als



Imatge 8. Detall de dos mascles castrats d'esport, en repòs dues setmanes post competició.
Autor: Laura vilà, 2012.

cavalls en treball; concretament és el temps que li triga a créixer o caure tot el pèl (Martin-Rosset, 2012).

En resum, les necessitats de manteniment augmenten del 10 al 30% en les zones fredes, i del 8 al 10% quan la temperatura és superior als 20 graus. Quan sortim de la zona de confort tèrmica, llavors les necessitats augmenten un 2,5% per grau.

4.1.3. Necessitats proteiques (MNDC)

El cavall sintetitza de tres a cinc vegades més proteïna que la que ingereix. La major part de les proteïnes implicades dins la síntesi, provenen de la degradació de les pròpies proteïnes corporals.

En el manteniment, s'estima que les pèrdues en la orina són d'entre 128 i 165 mg de proteïna/KgPV^{0,75}, mentre que les pèrdues fecals són de 3 g de proteïna/Kg MS. Les pèrdues per descamació i suor són, respectivament, de 35 mg de proteïna/Kg PV^{0,75} i d'1 gram de proteïna per litre.

$$Nm(MNDC^{24}) = 2,8MNDC/Kg PV^{0.75}$$

Les necessitats de MNDC es consideren una mica excedentàries, per així afavorir la proliferació de la població microbiana de l'intestí gros i la digestió de les parets cel·lulars.

Les necessitats d'aminoàcids essencials només tenen en compte la lisina, les necessitats de la qual es poden calcular de dues maneres:

$$Nm Lisina(g/d) = 0.054/PV$$

$$Nm Lisina(g/d) = g MNDC \times 0.091$$

4.1.4. Macrominerals, oligoelements i vitamines

Macrominerals (x Kg PV)	Oligoelements i vitamines (x Kg MSI)	
Fòsfor (g) = 0,015	Coure (mg) = 10	Seleni (mg) = 0,2
Calci (g) = 0,040	Zinc (mg) = 50	Iode (mg) = 0,2
Magnesi (g) = 0,020	Manganès (mg) = 40	Vit A (UI) = 3500
Sodi (g) = 0,020	Ferro (mg) = 40	Vit D (UI) = 400

²⁴ MNDC: matèries nitrogenades digestibles és la mesura utilitzada per la proteïna.

Potassi (g) = 0,060

Cobalt (mg) = 0,2

Vit E (UI) =60

Taula 11. Necessitats de manteniment del cavall per als macrominerals, els oligoelements i les vitamines. Font: INRA, 2012.

4.1.5. Maneig nutritiu de cavall adult

El racionament dels cavalls sol ser individual i el seu objectiu és mantenir constant l'estat corporal de l'animal. L'estat òptim seria aquell en el que el llom és pla, les costelles no es veuen però són de fàcil palpar, ni hi ha greix al naixement de la cua i no es distingeixen la apòfisis espinosa ni la tuberositat coxal.

Un altre objectiu de l'alimentació dels cavalls és evitar sobrecarregues digestives que derivin en trastorns intestinals i evitar la sobrealimentació, ja que l'excés de pes fatiga al cavall i pot originar problemes articulars.

És fonamental que els canvis de alimentació (sobretot quan s'augmenta la quantitat subministrada de cereals) és realitzin de forma gradual per prevenir trastorns alimentaris. També s'han d'evitar els apats amb massa aliment (que fan que bona part de la ingesta passi a l'intestí gros sense ser digerida), sent preferible distribuir l'aliment en varis àpats durant el dia evitant donar més de 2,5 kg de concentrat per apat; en cas de elevades necessitats energètiques és bona opció introduir grassa a la ració per evitar un inclusió excessiva de cereals.

4.1.5. Exemples del cavall en manteniment

	500 kg	600 kg	700 kg	800 kg
UFC	4,14	4,75	5,33	5,89
MNDC (g)	296	339	381	421
Lisina (g)	27	32,4	37,80	43,2
P (g)	14	16,8	19,6	22,4
Ca (g)	20	24	28	32
Mg (g)	7,5	9	10,5	12
Cl (g)	40	48	56	64
K (g)	30	36	42	48
Na (g)	10	12	14	16
Co (mg)	1,6	1,92	2,24	2,56
Cu (mg)	80	96	112	128
I (mg)	1,6	1,92	2,24	2,56
Fe (g)	320	384	448	512
Mn (g)	320	384	448	512
Se (mg)	1,6	1,92	2,24	2,56
Zn (mg)	400	480	560	640
Vit A (UI)	26000	31200	36400	41600
Vit D (UI)	3200	3840	4480	5120
Vit E (UI)	480	576	672	768
Consum (MSI)	8	9,6	11,2	12,8

Taula 12. Necessitats d'una euga en repòs de sella segons els kg de PV. Font: aplicació de racionament: nutreco.

4.2.NECESSITATS DE L'EUGA GESTANT (Ng)

Els primers cinc mesos de gestació no són rellevants per a les necessitats nutritives, ja que tot i que el la multiplicació cel·lular és acusada, el creixement ponderal és limitat. Paral·lelament, els teixits annexes, com la placenta, i els teixits maternals, com el braguer, es desenvolupen considerablement per assegurar la nutrició *in utero* del fetus i preparar la nutrició post natal.

A mesura que el fetus ocupa més espai dins la cavitat abdominal de l'euga, la capacitat per als aliments disminueix, en un moment en el que les necessitats nutritives augmenten. Aquest fet, hauria de coincidir amb un augment de la qualitat del farratge.

4.2.1. Consum de matèria seca ingerida (MSI)

La capacitat d'ingestió, varia segons l'estat corporal i fisiològic de l'euga i interacciona amb la naturalesa dels farratges. Segons les dades d'INRA, en el cas de l'euga en gestació, varia de 74 a 95 g MS/Kg PV^{0.75}, perquè està limitada pel desenvolupament de l'úter, el qual comprimeix l'intestí gros.

La MSI augmenta amb la qualitat del farratge, per exemple, si es compara el fenc amb la palla: 2,0 vs 1,4 kg MS/100 kg PV. La quantitat ingerida disminueix al final de la gestació (del novè al onzè mes) del 10 al 30%, segons la naturalesa del farratge, de la ració i l'ocupació de la cavitat abdominal pel fetus; donat que hi ha menys espai per l'aparell gastrointestinal, la digestibilitat de la matèria orgànica disminueix, a causa de l'augment del nivell de pas dels aliments.

Per tant, el consum de MS en quilograms, si s'agafa el valor mig de les dades de l'INRA, és:

$$\text{Consum (Kg MS)} = \frac{84.5 \text{ MS/Kg PV}^{0.75}}{1000}$$

4.2.2. Necessitats energètiques (UFC) i proteiques (MNDC)

Les necessitats d'energia per la gestació de l'euga, varien de 0,06 UFC/100 kg PV a 0,28 UFC/100 kg PV, dels sis a onze mesos de gestació, respectivament. Igualment, les necessitats de proteïna pel creixement fetal i tissular matern varia dels 13 g MNDC/100 kg PV a 47 g MNDC/100 kg PV.

$$\text{Energia (UFC)} = \left((0,04m_G^{25} - 0,18) \times \left(\frac{PV \text{ euga}}{100} \right) \right) + Nm$$

$$\text{Proteïna (g MNDC)} = \left((6,8m_G - 27,8) \times \left(\frac{PV \text{ euga}}{100} \right) \right) + Nm$$

²⁵ m_G : mesos de gestació

4.2.3. Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines

Les necessitats de minerals, dels 6 als 11 mesos de gestació, estan expressades mitjançant funcions lineals calculades a partir dels valors de l'INRA (2012). Les necessitats de clor es consideren constants, 8 g/100 kg PV durant tota la gestació. Els oligoelements i les vitamines, estan expressats de la mateixa manera que a les taules de l'INRA.

Macrominerals (x Kg PV)	Oligoelements (x Kg MSI)	Vitamines (x Kg MSI)
$Calci (g) = \left((0,68m_G - 3,18) \times \left(\frac{PV\ euga}{100} \right) \right) + Nm$	Coure (mg) = 10	Vit A (UI) = 4200
$Fòsfor (g) = \left((0,54m_G - 2,44) \times \left(\frac{PV\ euga}{100} \right) \right) + Nm$	Zinc (mg) = 50	Vit D (UI) = 600
$Magnesi (g) = \left((0,01m_G - 0,03) \times \left(\frac{PV\ euga}{100} \right) \right) + Nm$	Cobalt (mg) = 0,2	Vit E (UI) = 80
$Sodi (g) = \left((0,03m_G - 0,08) \times \left(\frac{PV\ euga}{100} \right) \right) + Nm$	Seleni (mg) = 0,2	
$Potassi (g) = \left((0,03m_G - 0,06) \times \left(\frac{PV\ euga}{100} \right) \right) + Nm$	Manganès (mg) = 40	
	Ferro (mg) = 80	
	Iode (mg) = 0,2	

Taula 13. Necessitats de minerals, oligoelements i vitamines en les eugues de gestació. Adaptat d'INRA, 2012.

4.2.4. Maneig nutritiu de l'euga gestant

És recomanable mantenir les egües en un bon estat corporal (lleugerament engreixades però no massa) per assegurar bons paràmetres reproductius. Apareixen molts més problemes en eugues sobrealimentades que no pas quan estan lleugerament per sobre del nivell corporal. S'ha d'evitar que les eugues perdin massa pes durant els períodes de necessitats màximes (final de gestació i principi de lactació), ja que, les pèrdues de pes al final de la gestació poden derivar en cetosis i les pèrdues de pes al principi de gestació retarden el següent zel (ULPGC).

4.2.5. Exemples de l'euga gestant

Pes viu: 500
Gestació
(6e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	4,44	P (g)	18,00	Co (mg)	1,79	Vit A (UI)	37.526	Consum MSI	8,93
MADC (g)	361	Ca (g)	24,50	Cu (mg)	89	Vit D (UI)	5.361		
Lysina (g)		Mg (g)	7,65	I (mg)	1,79	Vit E (UI)	715		
		Cl (g)	40,00	Fe (mg)	715				
		K (g)	30,60	Mn (mg)	357				
		Na (g)	10,50	Se (mg)	1,79				
				Zn (mg)	447				

Pes viu: 500
Gestació
(7e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	4,64	P (g)	20,70	Co (mg)	1,79	Vit A (UI)	37.526	Consum MSI	8,93
MADC (g)	395	Ca (g)	27,90	Cu (mg)	89	Vit D (UI)	5.361		
Lysina (g)		Mg (g)	7,70	I (mg)	1,79	Vit E (UI)	715		
		Cl (g)	40,00	Fe (mg)	715				
		K (g)	30,75	Mn (mg)	357				
		Na (g)	10,65	Se (mg)	1,79				
				Zn (mg)	447				

Pes viu: 500
Gestació
(8e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	4,84	P (g)	23,40	Co (mg)	1,79	Vit A (UI)	37.526	Consum MSI	8,93
MADC (g)	429	Ca (g)	31,30	Cu (mg)	89	Vit D (UI)	5.361		
Lysina (g)		Mg (g)	7,75	I (mg)	1,79	Vit E (UI)	715		
		Cl (g)	40,00	Fe (mg)	715				
		K (g)	30,90	Mn (mg)	357				
		Na (g)	10,80	Se (mg)	1,79				
				Zn (mg)	447				

Pes viu: 500
Gestació
(9e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	5,04	P (g)	26,10	Co (mg)	1,79	Vit A (UI)	37.526	Consum MSI	8,93
MADC (g)	463	Ca (g)	34,70	Cu (mg)	89	Vit D (UI)	5.361		
Lysina (g)		Mg (g)	7,80	I (mg)	1,79	Vit E (UI)	715		
		Cl (g)	40,00	Fe (mg)	715				
		K (g)	31,05	Mn (mg)	357				
		Na (g)	10,95	Se (mg)	1,79				
				Zn (mg)	447				

Pes viu: 500
Gestació
(10e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	5,24	P (g)	28,80	Co (mg)	1,79	Vit A (UI)	37.526	Consum MSI	8,93
MADC (g)	497	Ca (g)	38,10	Cu (mg)	89	Vit D (UI)	5.361		
Lysina (g)		Mg (g)	7,85	I (mg)	1,79	Vit E (UI)	715		
		Cl (g)	40,00	Fe (mg)	715				
		K (g)	31,20	Mn (mg)	357				
		Na (g)	11,10	Se (mg)	1,79				
				Zn (mg)	447				

Taula 14. Exemple de necessitats de l'euga gestant de sella i en repòs durant els diferents mesos de gestació. Font: aplicació de racionament equí: nutreco.

4.3. NECESSITATS DE L'EUGA LACTANT

4.3.1. Consum de matèria seca ingerida (MSI)

Al igual que els altres estats fisiològics, durant la lactació el consum de matèria seca varia en funció de l'estat corporal i la naturalesa dels farratges. Durant el post part, la capacitat d'ingestió augmenta considerablement, de 125 g de MS/Kg PV^{0.75} fins a un màxim de 160 – 170 g MS/Kg PV^{0.75}.

Els quilograms de matèria seca ingerida mitjans són 3,1 kg per els fencs i 2,6 kg per les palles per cada 100 kg PV. Les quantitats augmenten considerablement als 3-4 primers mesos de lactació, aproximadament un 25-30% per mes.

$$\text{Consum (Kg MS)} = \left(\left(\text{Abs}(7 \times m_L^{26} - 167) \right) \times (\text{Kg PV}^{0.75}) \right) / 1000$$

4.3.2. Necessitats energètiques (UFC) i proteiques (MNDC)

Les necessitats de lactació s'avaluen en funció dels kg de llet produïts, i estan expressades per 100 kg PV. El càlcul de producció de llet, està dividit entre el primer mes i del segon al sisè mes, perquè la producció no és lineal, sinó que augmenta del primer mes al segon, i a partir dels segon mes disminueix.

$$(\text{1r mes}) \text{ Kg llet/d} = 3 \times PV / 100$$

$$(\text{2-6 mesos}) \text{ kg llet/d} = (\text{Abs}^{27}(0,33m_L - 3,96)) \times (PV/100)$$

Les necessitats energètiques per kg de llet, varien de 0.29 a 0.23 UFC entre el primer i el sisè mes de lactació.

$$\text{UFC/d} = \left(\left(\left(\text{Abs}(0,01m_L - 0,31) \right) \times \text{kg llet/d} \right) \right) + \text{Nm}$$

Les necessitats proteiques per kg de llet varien de 44 a 22 g de MNDC.

$$\text{MNDC(g)/d} = \left(\left(\left(\text{Abs}(4,4m_L - 48,4) \right) \times \text{kg llet/d} \right) \right) + \text{Nm}$$

4.3.3. Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines

Les necessitats de macrominerals són avaluades a partir dels kg de llet per dia, excepte en el cas del clor, que s'expressa en funció de la MSI per part de l'euga alletant, i que és de 3 g x kg MSI. Els oligoelements i les vitamines es calculen en funció de la MSI per part de l'euga.

²⁶ m_L : mes de lactació

²⁷ Abs: Sistema absolut. Serveix per a que el resultat sigui positiu en tot els casos.

Macrominerals (x Kg PV)	Oligoelements (x Kg MSI)	Vitamines (x Kg MSI)
Calci (g) = ((Abs(0,10m _L - 1.31)) x kg llet/d) + Nm	Coure (mg) = 10	Vit A (UI) = 3800
Fòsfor (g) = ((Abs(0,06m _L - 0.86)) x kg llet/d) + Nm	Zinc (mg) = 50	Vit D (UI) = 600
Magnesi (g) = ((Abs(0,01m _L - 0.11)) x kg llet/d) + Nm	Cobalt (mg) = 0,2	Vit E (UI) = 50
Sodi (g) = ((Abs(0,01m _L - 0.17)) x kg llet/d) + Nm	Seleni (mg) = 0,2	
Potassi (g) = ((Abs(0,28m _L - 5.08)) x kg llet/d) + Nm	Manganès (mg) = 40	
	Ferro (mg) = 80	
	Iode (mg) = 0,2	

Taula 15. Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines de eugues alletants. Adaptat d'INRA, 2012.

4.3.4. Exemples

Pes viu: 500
Lactació
(1e mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	8,49	P (g)	48,50	Co (mg)	3,38	Vit A (UI)	64.288	Consum MSI	16,92
MADC (g)	956	Ca (g)	56,00	Cu (mg)	169	Vit D (UI)	10.151		
Lysina (g)		Mg (g)	10,80	I (mg)	3,38	Vit E (UI)	846	Kg llet/d	15
		Cl (g)	47,46	Fe (mg)	1.353				
		K (g)	77,70	Mn (mg)	677				
		Na (g)	12,70	Se (mg)	3,38				
				Zn (mg)	846				

Pes viu: 500
Lactació
(2on mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	8,76	P (g)	48,98	Co (mg)	3,24	Vit A (UI)	61.476	Consum MSI	16,18
MADC (g)	949	Ca (g)	56,30	Cu (mg)	162	Vit D (UI)	9.707		
Lysina (g)		Mg (g)	10,77	I (mg)	3,24	Vit E (UI)	809	Kg llet/d	16,5
		Cl (g)	56,56	Fe (mg)	1.294				
		K (g)	89,10	Mn (mg)	647				
		Na (g)	12,77	Se (mg)	3,24				
				Zn (mg)	809				

Pes viu: 500
Lactació
(3r mes)
Sella
Repòs

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines			
UFC	8,15	P (g)	42,81	Co (mg)	3,09	Vit A (UI)	58.663	Consum MSI	15,44
MADC (g)	819	Ca (g)	49,70	Cu (mg)	154	Vit D (UI)	9.263		
Lysina (g)		Mg (g)	10,11	I (mg)	3,09	Vit E (UI)	772	Kg llet/d	14,85
		Cl (g)	54,83	Fe (mg)	1.235				
		K (g)	83,46	Mn (mg)	618				
		Na (g)	12,32	Se (mg)	3,09				
				Zn (mg)	772				

Taula 16. Exemple de necessitats de l'euga lactant de sella i en repòs durant els diferents mesos de lactació. Font: aplicació de racionament equí: nutrecu.

4.4. NECESSITATS DELS CAVALL EN CREIXEMENT (Nc)

El període de creixement dels cavalls dura de tres a cinc anys, segons la raça (tipus genètic). Aquest estat fisiològic és un punt clau en la vida del cavall, ja que és el període de més risc si les necessitats nutritives no són cobertes adequadament. Es pot identificar els cavalls mal nutrits durant el creixement perquè tenen mal formats els ossos, el cap massa gran en comparació amb el cos, pateixen lesions ossi articulars sovint, etc.

La forma de l'equació de creixement, permet distingir l'energia o les proteïnes ingerides en dues fraccions: l'una proporcional al pes metabòlic ($PV^{0.75}$), per analogia amb les necessitats de manteniment, i l'altre consisteix en expressar el valor calorífic del creixement, que augmenta d'acord amb la intensitat d'aquest i del pes viu de l'animal. L'exponent 1,4 correspon al coeficient d'al·lometria dels teixits adiposos dins el total corporal del cavall; aquest només s'aplica en el cas de les necessitats energètiques, en canvi, l'exponent 1, s'usa en el cas de les proteïnes, ja que l'al·lometria del múscul és tan sols 1,1, i, per altre banda, el contingut en proteïna i del guany de pes varia poc.

Al naixement, el pes viu dels pollins representa del 8 al 12% del pes de la mare, per tant, els pesos seran aproximadament de 15-35 kg per als ponis, 45-55 kg per a les races de sella i 65-80 kg per a les races pesades o de tir. Durant el transcurs del primer mes de vida, els pollins doblen el seu pes de naixement, i quan arriben al deslletament (6 mesos), ja l'han multiplicat per cinc, sobre uns 220-260 kg per a les races de sella i de 300 a 400 kg per a les races pesades.

La velocitat de creixement es mesura pel guany (G), a través del pes viu, expressat en g/d. El guany és molt elevat durant el primer mes: 1500 g per a races de sella i 2000 g per a races pesades. El guany no tan sols depèn del potencial genètic del pollí, sinó també de la producció lletera de l'euga, ja que fins al tercer mes, moment a partir del qual el poltre comença a alimentar-se d'altres recursos, aquest creix exclusivament dels nutrients que li aporta la llet materna. Del naixement fins al deslletament, el pollí té un guany de pes viu diari de 900-1000 g per les races de sella, i de 1300 a 1600 per les races pesades. Entre el deslletament i l'any de vida, el guany de pes viu varia de 600 a 1600 g, segons el tipus genètic (sella vs races pesades). Després de l'any de vida, el ritme de creixement es torna més lent, d'uns 150 a 300 g per dia, fins als 3-4 anys per les races de sella i fins als 4-5 anys per les races d'esport i pesades (Taula 17).

Guany (g/dia)	Races de sella	Races pesades
0-1 mesos	1500 g/d	
1 - 6 mesos	$20.4c^{28} + 877.5$	$61.22c + 1232.6$
6 - 12 mesos	1000 g/d	1300 g/d

²⁸ c: edat del poltre en mesos

$\frac{>12 \text{ mesos}}{225 \text{ g/d}}$
 Taula 17. Guany (g/d) del poltre en creixement. Font: INRA, 2012.

4.4.1. Necessitats de manteniment

El cavall en creixement no té les mateixes necessitats de manteniment que el cavall adult, ja que no té un pes constant a llarg termini, sinó que el pes li varia dia a dia. Es per això, que l'equació de manteniment dels cavalls adults no es pot aplicar per els cavalls en creixement, ja que aquests en tenen una pròpia per a calcular les necessitats de manera més ajustada.

Les necessitats energètiques de les races de sella són superiors envers les races pesades o de tir, en igualtat de condicions de pes i creixement diari. Les necessitats de manteniment són majors en un 25% a l'edat de 12 mesos, ja que el cost energètic d'un quilogram de creixement és inferior, probablement, perquè les races de sella tenen una capacitat de creixement més feble que les races de tir, a igualtat de pes. Es pot fer una comparació més rigorosa a la mateixa proporció del pes viu adult. Per exemple, un pollí de 12 mesos, en el qual el pes viu representa el 55% del pes viu adult, i que creix a raó d'un guany de pes viu diari d'1 kg, les necessitats energètiques totals d'aquest polli, si és d'una raça de tir (6,4 UFC), seran el 12% superiors que no pas si és d'una raça de sella (5,7 UFC), ja que les necessitats lligades al creixement són superiors (69%), a conseqüència d'un contingut en lípids major, mentre que la lligada a les necessitats de manteniment és inferior (-5%). Però donat que la part de necessitats de manteniment dins el total de necessitats és més elevada en el poltre de sella (+13%), la diferència entre races es veu reduïda.

Races de Sella	a	b
6-12 mesos	0,0602	0,0183
18-24 mesos	0,0594	0,0252
30-36 mesos	0,0594	0,0252
Races de tir	c	d
6-12 mesos	0,0476	0,0254
18-24 mesos	0,0476	0,0254
30-36 mesos	0,0476	0,0254

Taula 18. Relacions entre l'energia ingerida (UFC), el pes viu (PV en kg) i el guany de pes viu (G en kg). $(\text{UFC/kg PV}^{0.75}/\text{d}) = a + b \times \text{G}^{1.4}$. Adaptat de INRA, 2012.

a i c: necessitats de manteniment expressades per pes metabòlic

b i d: coeficients que afecten al guany de pes viu diari.

	Races de Sella	Races pesades
UFC/d	$(Abs(2 \times 10^{-5}c - 0,06036)) \times PV^{0,75}$	$0,0476 \times PV^{0,75}$
MNDC (g/d)	$(Abs(0,02c - 3,64)) \times PV^{0,75}$	

Taula 19. Fórmules per al càlcul de les necessitats energètiques i proteiques de manteniment del poltre en creixement. Font: INRA, 2012.

4.4.2. Necessitats energètiques i proteiques

Les necessitats energètiques i proteiques del pollí en creixement, segons l'INRA, són les següents:

- 0-2 mesos: 0,139 UFC i 0,119 UFC/kg $PV^{0,75}$; 12,2 i 14,3 g MNDC/kg $PV^{0,75}$, respectivament per els cavalls de sella i races pesades.
- 3-6 mesos: 0,088 UFC i 0,093 UFC/kg $PV^{0,75}$; 8,8 g MNDC i 10,2 g MNDC/kg $PV^{0,75}$, respectivament per els cavalls de sella i races pesades.
- Les necessitats de lisina són el 0,054% de les necessitats en MNDC.

Energia (UFC)		
	Races de Sella	Races pesades
0-2 mesos	$0,139 \times PV^{0,75}$	$0,119 \times PV^{0,75}$
2-6 mesos	$0,088 \times PV^{0,75}$	$0,093 \times PV^{0,75}$
6-36 mesos	$((1,97 \times 10^{-4}c + 0,017) \times G^{1,4} \times PV^{0,75}) + Nm$	$(0,0254 \times G^{1,4} \times PV^{0,75}) + Nm$

Proteïna (MNDC)		
	Races de Sella	Races pesades
0-2 mesos	$12,2 \times PV^{0,75}$	$14,3 \times PV^{0,75}$
2-6 mesos	$8,8 \times PV^{0,75}$	$10,2 \times PV^{0,75}$
6-36 mesos	$((Abs(6c-486)) \times G^{1,4}) + Nm$	$((Abs(2,3c-454)) \times G^{1,4}) + Nm$

Taula 20. Fórmules per al càlcul de les necessitats energètiques i proteiques del poltre en creixement. $PV(kg)$, G =guany(kg/d), $1,4$ = coeficient d'al·lometria del teixit adipós, c = edat en mesos del pollí. Font: INRA, 2012.

Les necessitats de manteniment de calci del pollí són de 36 mg/kg i dia, i la despesa per el guany de pes és de 16 g/kg i dia. La digestibilitat real durant el manteniment és del 50%. S'ha de tenir en compte també, la variació de la digestibilitat real durant el creixement: 70% de 0-12 mesos, 50% de 12-24 mesos i 30% de 24-36 mesos sense treball.

Les necessitats de manteniment de fòsfor són de 18 mg/kg i dia, i la despesa per al guany és de 8 g/kg i dia. La digestibilitat real durant el manteniment és del 35%. La variació de la digestibilitat real durant el creixement és: 55% de 0-12 mesos, 45% de 12-24 mesos i del 35% de 24-36 mesos sense treball.

Les necessitats de manteniment del magnesi són de 6 mg/kg i dia, i la digestibilitat és del 40%. La digestibilitat real durant el creixement varia: 70% de 0-12 mesos, 60% de 12-24 mesos i 50% de 24-36 mesos, tenint en compte que la despesa per al guany és de 1 g/kg i dia.

Les necessitats de manteniment i de creixement pel potassi són, respectivament, de 50 mg/kgPV i dia i de 1.5g/kg de guany. La digestibilitat real és del 80% durant el manteniment i del 50% durant el creixement. Per tant, les necessitats són les mateixes, tot i variar l'edat.

Les necessitats de sodi durant el manteniment són de 18 mg/kgPV i dia i amb una digestibilitat real del 90%, en canvi, la despesa de creixement és de 0.85 g/kg de guany i amb una digestibilitat real del 80%.

Les necessitats específiques del clor, tenint en compte l'equilibri que hi ha d'haver entre aquest i el sodi, són: 80 mg/kg PV i dia durant el manteniment, i de 5 a 13 mg/kg de guany durant el creixement, amb una digestibilitat del 100% en ambdós estats fisiològics.

Les necessitats d'oligoelements i vitamines són les proposades per l'INRA el 1990, i estan expressades per kg de matèria seca ingerida.

Macrominerals (g/d)	0-12 mesos	12-24 mesos	24-36 mesos
Calci	$(0,072g \times PV \text{ kg}) + (23g \times G \text{ kg})$	$(0,072g \times PV \text{ kg}) + (32g \times G \text{ kg})$	$(0,072g \times PV \text{ kg}) + (53g \times G \text{ kg})$
Fòsfor	$(0,051g \times PV \text{ kg}) + (15g \times G \text{ kg})$	$(0,051g \times PV \text{ kg}) + (18g \times G \text{ kg})$	$(0,051g \times PV \text{ kg}) + (23g \times G \text{ kg})$
Magnesi	$(0,015g \times PV \text{ kg}) + (1,4g \times G \text{ kg})$	$(0,015g \times PV \text{ kg}) + (1,6g \times G \text{ kg})$	$(0,015g \times PV \text{ kg}) + (2g \times G \text{ kg})$
Sodi		$(0,02g \times PV \text{ kg}) + (1,1g \times G \text{ kg})$	
Potassi		$(0,063g \times PV \text{ kg}) + (3g \times G \text{ kg})$	
Clor	$(0,08g \times PV \text{ kg}) + (0,013g \times G \text{ kg})$	$(0,08g \times PV \text{ kg}) + (0,005g \times G \text{ kg})$	$(0,08g \times PV \text{ kg}) + (0,0025g \times G \text{ kg})$
Oligoelements i vitamines (mg/kg MSI)	6-12 mesos	18-24 mesos	32-36 mesos
Coure	10	10	10

TFG	Aplicació de Racionament Equí: Nutreco		Necessitats (INRA)
Zinc	50	50	50
Cobalt	0.2	0.2	0.2
Seleni	0.2	0.2	0.2
Manganes	40	40	40
Ferro	50	50	50
Iode	0.2	0.2	0.2
Vit A (UI)	3450	3500	3500
Vit D (UI)	600	500	500
Vit E (UI)	80	60	60

Taula 21. Necessitats de macromineral (g/d), oligoelements (mg/kg MSI) i vitamines (UI/kg MSI) per al manteniment i creixement del pollí. Font: INRA, 2012.

4.4.3. Maneig del poltre en creixement

Els pollins han de prendre calostre durant les 3-4 primeres hores de vida. En cas de que quedin orfes és pot fer us de calostres comercials o calostre congelat d'altres egües i utilitzar lactoreempaçants per alimentar al poltre. Una altra opció és intentar que alguna altra euga recent parida l'adopti (ULPGC).

L'alimentació del poltre és individual per poder ajustar la nutrició al pes corporal. De no ser així i alimentar els poltres en grup és corre el risc de que els mes dominants ingereixin més pinso, podent desenvolupar trastorns alimentaris i de que la resta creixi per sota del nivell òptim de creixement. Obviament s'ha de proporcionar aigua ad libitum desde el primer dia (ULPGC).

Durant la lactació i el període de deslletament és poden observar diarrees, sobretot si els poltres és desmamen aviat (4 mesos) cosa que pot provocar deshidratació i pèrdua de electròlits (ULPGC).

4.4.4. Exemples de necessitats del polli en creixement

Pes viu: 350
 Creixement
 Edat: 3 mesos
 Sella

Energia i proteïna		Macromineral		Oligoelements		Vitamines	
UFC	7,12	P (g)	31,93	Co (mg)	1,65	Vit A (UI)	28.682
MADC (g)	712	Ca (g)	46,79	Cu (mg)	83	Vit D (UI)	4.540
Lysina (g)	0,36	Mg (g)	6,59	I (mg)	1,65	Vit E (UI)	619
		Cl (g)	28,01	Fe (mg)	413		
		K (g)	24,87	Mn (mg)	330		
		Na (g)	8,03	Se (mg)	1,65		
				Zn (mg)	413		
						Consum MSI	8,25
						Guany(g/d)	938,7

Taula 22. Exemple de necessitats d'un polli en creixement. Font: aplicació de racionament equí: nutreco.

4.5. NECESSITATS DEL CAVALL D'OCI I D'ESPORT (Nt)

A Espanya i Catalunya, les disciplines amb més força són la Doma i el Salt. Altres disciplines com el Raid (resistència), molt present a Catalunya, la Doma vaquera, molt present a Andalusia, el Western i altres, també s'han de tenir en compte quan es parla de cavalls d'esport.

La funció principal dels aliments per cavalls que realitzen esforços, consisteix en la conversió de l'energia química d'aquests en força locomotriu. L'eficiència en que s'utilitzen els aliments i els nutrients, queda afectada per la salut, l'entrenament del cavall i la temperatura ambient. Els aliments més crítics són aquells que aporten energia, aigua i electròlits²⁹.

4.5.1. Necessitats de manteniment

El manteniment correspon a la despesa del cavall conduit en box sense períodes d'entrenament, és a dir, en estat de repòs total. La despesa energètica, com ja s'ha mencionat a l'apartat de necessitats de manteniment, és de $0.0373 \text{ UFC/kg PV}^{0.75}$. Els factors que la fan variar són: la raça, el sexe, les condicions climàtiques i el treball (Taula 10). El cavall que realitza un esforç diari, és a dir, que és entrenat durant un període de temps conegut com a període de treball, té unes necessitats de manteniments majors, a raó de l'augment del metabolisme induït per l'esforç. Per tant, el manteniment energètic del cavall en període d'entrenament és el manteniment en repòs més el percentatge corresponent de la Taula 10, i en el seu conjunt és el que es coneix amb el nom de repòs temporal.

Les necessitats proteiques de manteniment d'un cavall d'esport estan lligades a la despesa energètica, amb un valor de 65-70 g MNDC/UFC.

4.5.2. Necessitats energètiques durant l'esforç

La quantitat d'energia utilitzada durant l'exercici, depèn de la durada i de la intensitat d'aquest. La durada és fàcil de mesurar, però la intensitat és molt més difícil de quantificar. Els factors que influeixen en la intensitat són: la velocitat, la resistència del terreny i la inclinació del terreny. Altres factors lligats a la disciplina, són el nombre de salts i duresa d'aquests, obstacles del terreny, etc.

El consum d'oxigen és usualment mesurat per estimar l'energia que gasta el cavall durant l'esforç. Molts estudis han investigat la relació entre l'oxigen consumit i la velocitat (Hiraga, 1995) reportà una relació lineal entre l'oxigen consumit i la velocitat. Per tant, el consum d'oxigen augmenta de manera lineal, si la velocitat que assoleix el cavall està dins dels límits metabòlics aeròbics. Ara bé, quan l'activitat comença a ser anaeròbica, l'oxigen que arriba als teixits pot no dur suficient energia per l'esforç que s'està realitzant en aquell moment, aquest fet es coneix com a dèficit passatger, ja que el dèficit serà recuperat després de l'esforç

²⁹ Electròlits: són aquells que en aigua tenen carga elèctrica; són el sodi, potassi, magnesi, calci, clor i fòsfor.

anaeròbic. Normalment, el consum d'oxigen es mesura en laboratoris especialitzats, on es fan proves d'esforç dels cavalls en cintes i quan les velocitats no són molt elevades. Per els esforços màxims, les proves es fan en pistes de cursa, on cada certes voltes se li treu una mostra de sang al cavall.

Amb la cronologia de la despesa, es pot explicar el transcurs del consum d'oxigen, i per tant també el consum d'energia. Just abans de l'esforç, hi ha una anticipació de la despesa energètica per assegurar l'augment del consum d'oxigen, és a dir, que durant 1 o 2 minuts el cavall entra en dèficit energètic, fet que correspon de 30 a 128 ml d'oxigen/kgPV. Aquesta demanda és satisfeta per les reserves corporals per via anaeròbia.

Al final del treball, la despesa energètica queda més elevada que la màxima del repòs temporal total, ja que el consum d'oxigen post esforç disminueix lentament. Cert consum d'oxigen correspon a la falta d'oxigen durant l'exercici.

Així doncs, el consum d'oxigen és el millor criteri d'avaluació de la despesa energètica. Aquest és de l'ordre de 3 ml/min/kgPV en repòs, i augmenta linealment durant l'esforç i fins a velocitats de 550-600 m/min. El consum d'oxigen pot ser conegut a través d'una equació com a resultat d'estudis amb cavalls d'esport muntats a pista (Hörnike H., 1983)

$$\text{Oxigen consumit (l/min)} = 3.78 + 0.097 \times \text{velocitat (m/min)}$$

En cas de velocitats molt elevades (600-700 m/min) de cavalls que treballen en hipòdroms, el consum d'oxigen és de 100 ml/min/kgPV. Per cavalls que fan esforços curts, però a molta



Imatge 9. Cavalls de cursa durant una competició en hipòdrom. Autor: Laura vilà, 2010.

velocitat (800 m/min), com les curses de quart de milla, el consum d'oxigen augmenta fins a 125 ml/min/kgPV. Els cavalls ben entrenats, els consum màxim d'oxigen pot arribar als 140-185 ml/min/kgPV. A aquestes velocitats, el metabolisme anaeròbic és predominant, en canvi, a les curses de resistència de fins a almenys 100 km de distància, el consum d'oxigen varia de 40 a 80 ml/min/kgPV, i el metabolisme és aeròbic.

A més a més del pes del cavall, també s'ha de tenir en compte el pes de tot el que no sigui el cavall mateix, és a dir, el genet, la sella i la resta d'utensilis, que fan que la despesa energètica augmenti proporcionalment amb el pes total, amb uns valors d'oxigen de 53-55 ml/kg/min. Un altre factor de variació de la despesa energètica a tenir en compte és la pendent. Aquesta, juntament amb la durada que tingui i el ritme a la que es realitzi, poden fer augmentar considerablement la despesa energètica.

Per relacionar el consum d'oxigen amb valor energètic (Kal), s'usa un equivalent tèrmic (kcal/l oxigen) corresponent a un coeficient respiratori (Q.R). Durant el repòs, la despesa energètica és de 11.5 kcal/min, la qual queda multiplicada per quatre quan el cavall es desplaça al pas, per 10-15 quan va al trot, per 20-40 quan va a galop, i finalment per 60 a velocitat màxima (Pagan J.D., 1986).

El cost energètic de la tracció, en el cas dels cavalls de tir, és el resultat de la força (kg) per la distància (m), ja que aquests cavalls no fan un esforç de velocitat sinó de força. Aquest paràmetre és expressat en quilogràmetre (kgm). La despesa energètica d'aquest tipus augmenta linealment amb la durada del treball. Per exemple, un cavall de 500 kg que realitza un treball de 75 kgm, està fent un esforç de tracció de 68.2 kg a una velocitat de 1.1 m/s (4 km/h), aquesta seria la definició d'energia en el cas dels cavalls de tir. La conversió a calories quedaria de la següent manera 1 kgm = 2.35 kcal (Brody.S, 1945).

En el cas de la conversió energètica a través de l'oxigen, es requereix de mètodes laboratorials, i per tant, s'ha optat per mostrar els resultats directes dels últims estudis. La despesa energètica total per dia, que es suma a la despesa de manteniment, resulta de quatre factors:

- La durada de l'esforç en hores, paràmetre fàcil de mesurar.
- La intensitat de l'esforç: la despesa d'una hora de feina és extremadament variable, no és com calcular l'energia d'un quilo de llet o d'un quilo de creixement.
- El efectes lligats al cavall: prolongació de la despesa lligada al retorn del repòs (recuperació), a l'estrès envers l'exercici, l'acceleració del ritme cardíac, etc.
- L'augment general del nivell del metabolisme durant els períodes d'entrenament.

El cost energètic és expressat en UFC per hora de treball, normalitzat dins les principals situacions d'esforç que pot realitzar un cavall. Queda representat a la [taula 4.18](#).

Intensitat del l'esforç	UFC/h d'esforç	Zona de treball
Molt lleuger	0,2-0,5 + Nm	Interior
	0,5 + Nm	Exterior
Lleuger	1-1,5 + Nm	Interior
	1,5 + Nm	Exterior
Moderat	1,5-2 + Nm	Interior
	2-2,5 + Nm	Exterior
Intens	2,5-3 + Nm	Interior
	2,5-3,5 + Nm	Exterior
Molt intens (competició)	3,5-4,5 + Nm	Exterior

Taula 23. Evolució del cost energètic per hora de treball del cavall d'esport, de tir i de cursa, segons la naturalesa de l'esforç Nm (necessitats de manteniment). Font: INRA, 2012.

4.5.3. Necessitats proteiques durant l'esforç

La despesa proteica augmenta amb la intensitat del treball, quan la ració diària no cobreix les necessitats energètiques. Durant els períodes d'entrenament, s'ha observat que la síntesi proteica dels músculs i de les parets digestives disminueix al mateix temps que el catabolisme augmenta. Certs aminoàcids, són oxidats per ser usats com a font d'energia quan l'esforç és mot intens i l'aport d'energia és limitat. La forma de transport de la proteïna és l'alanina, per permetre la reacció de transaminació dels grups amino que són reduïts a piruvat per poder entrar dins la neoglucogènesi. La concentració plasmàtica d'alanina, augmenta així com l'àcid úric durant els esforços d'intensitat moderada o de resistència (raid). El catabolisme proteic continua, tot i haver finalitzat l'esforç, igual que l'energia. La urea és principalment excretada per excreció renal durant l'esforç, en canvi, l'oxidació d'aminoàcids ramificats (leucina, isoleucina i valina) no ha quedat demostrat que sigui una font d'energia per el cavall, així com si ho és per a l'humà atleta. La retenció de la proteïna, però, augmenta tan amb un bon entrenament com amb el subministre de proteïna de bona qualitat (Kellner, 1909).

Per tant, la despesa proteica augmenta quan ho fa l'energètica, i de forma directa amb la intensitat i durada de l'esforç. És molt important que les proteïnes corporals que s'utilitzen per compensar la deficiència energètica de les reserves siguin administrades a la ració. No es necessari, doncs, augmentar la concentració de MNDC de la ració de l'animal en repòs, sinó fixar la despesa proteica a les UFCs administrades a la ració. Aquesta valor és 65-70 g MNDC/UFC per el cavall adult que manté un pes constant. Ara bé, si el cavall està en

creixement, la síntesi proteica és de dos a tres vegades major que no pas un cavall adult, i el valor a suplementar a la ració és de 50 a 60 g de MNDC/UFC per a cavalls de 2 i 3-4 anys respectivament (Inra, 2012).

4.5.4. Necessitat de macrominerals , oligoelements i vitamines.

A les necessitats de manteniment se li han de sumar les necessitats expressades a la següent taula per obtenir les necessitat totals de minerals i vitamines durant l'exercici (INRA, 2012).

Esforç	Lleuger	Moderat	Intens	Molt intens
Macrominerals (g x kg PV)				
Calci (Ca)	0,06	0,07	0,08	0,09
Fòsfor (P)	0,038	0,042	0,058	0,062
Magnèsi (Mg)	0,019	0,023	0,030	0,037
Sodi (Na)	3,1 x 0,003	3,1 x 0,006	3,1 x 0,01	3,1 x 0,02
Clor (Cl)	5,3 x 0,003	5,3 x 0,006	5,3 x 0,01	5,3 x 0,02
Potassi (k)	2,8 x 0,003	2,8 x 0,006	2,8 x 0,01	2,8 x 0,02
Oligoelements (mg x kg de consum)				
Coure (Cu)	10	10	10	10
Zinc (Zn)	50	50	50	50
Cobalt (Co)	0,2	0,2	0,2	0,2
Seleni (Se)	0,2	0,2	0,2	0,2
Manganès (Mn)	40	40	40	40
Ferro (Fe)	65	80	80	80
Iode (I)	0,2	0,2	0,2	0,2
Vitamines (UI x kg de consum)				
Vit A (UI)	3250	3750	3750	3750
Vit D (UI)	400	600	600	600
Vit E (UI)	50	80	80	80

Taula 24. Necessitats de macrominerals, oligoelements i vitamines segons el tipus d'esforç. Font: INRA, 2012.

L'intent de convertir la mesura de l'oxigen en un teoria que permeti esbrinar les necessitats diàries durant l'exercici està ple de trampes, ja que hi ha molts petits factors (nivells d'entrenament, clima, condicions de creixement, etc.) que afecten el consum i la gestió de l'oxigen corporal. Tot i així, es pot dur a terme una excel·lent revisió bibliogràfica que permet establir models de predicció de necessitats, sobretot de les disciplines més relacionades amb la velocitat. Però, l'estimació de l'ús de l'energia durant alguns esdeveniment equins no està disponible. Potser les necessitats diàries requerides d'un cavall estan més relacionades amb els esforços durant els entrenaments que no pas l'energia gastada durant una única competició.

4.5.5. Exemples

Pes viu: 500
Treball
Molt lleuger
Interior
Sella

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines		Consum MSI
UFC	4,81	P (g)	19,00	Co (mg)	1,60	Vit A (UI)	26.000	
MADC (g)	325	Ca (g)	30,00	Cu (mg)	80	Vit D (UI)	3.200	
Lysina (g)		Mg (g)	9,50	I (mg)	1,60	Vit E (UI)	400	
		Cl (g)	47,95	Fe (mg)	520			
		K (g)	34,20	Mn (mg)	320			
		Na (g)	14,65	Se (mg)	1,60			
				Zn (mg)	400			

Pes viu: 500
Treball
Mig
Interior
Sella

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines		Consum MSI
UFC	5,51	P (g)	21,00	Co (mg)	2,10	Vit A (UI)	39.375	
MADC (g)	372	Ca (g)	35,00	Cu (mg)	105	Vit D (UI)	6.300	
Lysina (g)		Mg (g)	11,50	I (mg)	2,10	Vit E (UI)	840	
		Cl (g)	55,90	Fe (mg)	840			
		K (g)	38,40	Mn (mg)	420			
		Na (g)	19,30	Se (mg)	2,10			
				Zn (mg)	525			

Pes viu: 500
Treball
Intens
Interior
Sella

Energia i proteïna		Macrominerals		Oligoelements		Vitamines		Consum MSI
UFC	6,01	P (g)	29,00	Co (mg)	2,33	Vit A (UI)	43.688	
MADC (g)	406	Ca (g)		Cu (mg)	117	Vit D (UI)	6.990	
Lysina (g)		Mg (g)	15,00	I (mg)	2,33	Vit E (UI)	932	
		Cl (g)	66,50	Fe (mg)	932			
		K (g)	44,00	Mn (mg)	466			
		Na (g)	25,50	Se (mg)	2,33			
				Zn (mg)	583			

Taula 25. Exemple de necessitats d'un cavall realitzant diferents graus d'esforç. Font: aplicació de racionament equí: nutreco.

CAPITOL 5. VALOR NUTRITIU DELS ALIMENTS (INRA)

El valor alimentari està format per dos aspectes claus dels aliments: el valor nutritiu i l'aptitud per a ser consumit. El valor nutritiu, està caracteritzat per el contingut en energia, proteïna, minerals, oligoelements i vitamines. L'aptitud per ser consumit, correspon a la quantitat d'aliments que l'animal pot ingerir per contribuir, dins la ració, a cobrir les seves necessitats.

Els aliments destinats a l'alimentació dels cavall són exclusivament d'origen vegetal. Estan formats per aigua i matèria seca (MS). Aquest últim component, al mateix temps de minerals (cendres) i de la matèria orgànica (MO). El glúcids, els lípids i les proteïnes són els constituents majors de la matèria orgànica, estan localitzats a l'interior de les parets cel·lulars, dins el contingut intracel·lular (citoplasma) dels vegetals.

La valoració nutritiva dels aliments és un terme que tan sols es pot aplicar a l'energia i a la proteïna, ja que dels minerals no se'n fa valoració nutritiva. Els constituents orgànics indispensables per poder calcular el valor nutritiu dels aliments són: la matèria seca (MS), la fibra bruta (FB), la proteïna bruta (PB), les cendres i les fraccions de les parets cel·lulars (FND, FAD i LAD). Amb aquests, es poden deduir d'altres valors útils, com la matèria orgànica (MO), el glúcids citoplasmàtics (GC) i el rati energia metabolitzable : energia digestible (EM/ED).

El següent pas és obtenir, mitjançant les fórmules donades per INRA, la digestibilitat de la matèria orgànica (dMO) i l'energia bruta (EB), en el cas de la valoració energètica, i la proteïna bruta digestible (PBD), en el cas de la valoració proteica.

Per a la valoració energètica, la dMO és indispensable per saber la digestibilitat de l'energia (dE). La dE i l'EB, permeten conèixer l'energia digestible (ED). La ED, junt amb l'EM/ED, permet conèixer l'energia metabolitzable (EM) i finalment, la EM junt amb les constants de variació (km o kmc segons concentrat i farratge respectivament), permet conèixer l'energia neta (EN). El valor dels aliments en energia neta, expressats per la unitat farratgera del cavall (UFC), es calcula a partir del valor d'EN de l'aliment en qüestió i de l'EN de l'ordi de referència.

Pel que fa a la valoració proteica, amb les constants d'eficàcia d'utilització de la proteïna n'hi ha prou, juntament amb la PBD, per saber les matèries nitrogenades digestibles per al cavall (MNDC), unitat que mesura l'aport proteic d'un aliment.

5.1. CONSTITUENTS ORGÀNICS

Humitat

Segons l'AFNOR, es determina mitjançant dessecació. Normalment s'expressa en %, i a partir d'aquesta en podem deduir la matèria seca (MS).

$$MS(\%) = 100 - \text{humitat}$$

Cendres i matèria orgànica

El contingut en cendres es pot mesurar pesant el residu obtingut després de la incineració dels aliments durant 6h a 550 graus a l'interior d'un forn. No és massa significativa per l'alimentació del cavall, ja que per establir el contingut mineral del calci, fòsfor i magnesi, ja hi ha altres mètodes específics, però sí que permet saber el contingut en matèria orgànica (MO).

$$MO = MS - \text{cendres}$$

Matèria nitrogenada total (MNT) o proteïna bruta (PB)

El mètode Kjeldhal és la referència per establir la proteïna total dels aliments, tot i que no és l'únic mètode. Consisteix en mineralitzar la proteïna orgànica a través de l'àcid sulfúric. La proteïna amoniacal que es forma (sulfat d'amoni), es desplaça químicament amb hidròxid de sodi i després es separa per volumetria.

El contingut en proteïna bruta, s'obté per la multiplicació del contingut en nitrogen per un coeficient de 6,25. Tal coeficient prové del càlcul següent: $100/16$, donat que es pressuposa que les matèries proteiques analitzades tenen de mitjana un 16% de nitrogen.

Glúcids solubles

Els glúcids solubles dels farratges dins l'aigua (sucres i fructoses), són separats per el poder reductor de l'extracte després d'una hidròlisis de 30 min en un medi clorhídric. El mètode Somogyi (1952) també pot ser usat.

$$GS = MS - (\text{cendres} - \text{MNT} - \text{FB})$$

Fibra Bruta

És determinat clàssicament pel mètode Weende. La fibra bruta (FB) és el residu obtingut a partir d'una doble hidròlisis, realitzada successivament amb una solució àcida i una solució alcalina diluïda. La FB és un residu cel·lulolític format per cel·lulosa (70-90%), lignina (5-10%), hemicel·lulosa (5-10%) i matèria proteica (1-3%). L'assaig és llarg i manual, per això, s'està reemplaçant progressivament pel mètode de Van Soest, tot i que aquest darrer no està automatitzat encara i no és significativament superior nutricionalment parlant (INRA,2012).

Fraccions de la paret cel·lular (FND, FAD i LAD)

El mètode de Van Soest consisteix en l'ús successiu de detergents:

- Medi aquós per extreure el residu que conté les parets cel·lulars totals o fibra neutro detergent (FND), concretament hemicel·lulosa, cel·lulosa i lignina.
- Un detergent àcid per extraure la fracció de ligninocel·lulòsica o fibra àcid detergent (FAD), és a dir, cel·lulosa i lignina.
- Per últim, un dissolvent, com un permanganat, per extreure la lignina (LAD).

Matèria grassa bruta (MG) o extracte eteri (EE)

Les matèries grasses són extretes pel reflux de l'èter etílic. L'extracte obtingut no significa el total dels lípids. El contingut en substàncies no lipídiques solubles dins el dissolvent, sobretot els pigments dels farratges, poden representar fins el 50% de l'extracte. Aquest és estimat per excés de lípids dels aliments, per tant, no té molt de significat nutricional.

Extracte no proteic (ENP)

Representa els glúcids intracel·lulars (solubles i midó) i es calcula de la següent manera:

$$\text{ENP} = 100 - (\text{MNT} + \text{FB} + \text{EE} + \text{cendres})$$

5.2. DETERMINACIÓ DEL VALOR ENERGÈTIC DELS ALIMENTS (UFC)

5.2.1. Digestibilitat de la matèria orgànica (dMO)

La dMO és un dels paràmetres més importants per esbrinar el contingut energètic dels aliments, doncs, a partir d'ella és pot saber la matèria orgànica digestible (MOD):

$$\text{MOD (g/kg MS)} = \text{MO (g/kg MS)} \times \text{dMO (\%)}$$

Farratges

La digestibilitat dels farratges verds disminueix amb l'edat, és a dir, amb el transcurs dels cicles vegetals. Aquesta variació està lligada a la composició química induïda per la variació morfològica.

Tipus de farratge	Equació	R ²
Prat natural	dMO=87.89 - 0.1180FB	0.71
Prat de gramínies	dMO=81.51 - 0.0792FB	0.42
Lleguminoses	dMO=90.52 - 0.0995FB	0.66

Barreja de fencs

$$dMO = 78,33 - 0,074$$

0,41

Taula 26. Digestibilitat de la matèria orgànica dels diferents tipus de fencs. Nota: dMO en (%) i FB en (g/kg MS).

La digestibilitat dels ensitjats d'herba o de blat de moro, disminueix d'un a dos punts respecte al mateix tipus de farratge en verd i al mateix estadi vegetatiu, és a dir, l'únic que fa variar la digestibilitat és el mètode de conservació. La digestibilitat dels fencs és de 4 a 6 punts inferior que la dels respectius farratges verds, ja que el procés de fenificat condiciona, normalment, a un augment de parets cel·lulars, per la pèrdua de fulles durant la recol·lecció. En canvi, en el cas dels farratges deshidratats, no hi ha efectes significatius envers la digestibilitat, sempre i quan parlem d'un procés de secatge correcte i en igualtat de condicions d'aprofitament. Per tant, per saber la dMO a partir dels farratges fenificats (Taula 26), i suposant la mitjana per a fer una aproximació, es poden deduir les següents equacions:

$$dMO (\text{verd}) = dMO (\text{fenc}) + 5$$

$$dMO (\text{ensitjat}) = dMO (\text{fenc}) + 3,5$$

Quant a les palles, aquestes estan constituïdes sobretot per tiges i beïnes, a causa de la maduresa de la planta. Les parets vegetals són riques en lignina i representen el 80% de la matèria seca. La palla és pobre en proteïna bruta (25-50 g/kg MS), en glúcids (<10 g/kg MS), en minerals, excepte el potassi, i finalment també en vitamines. Per tant, les palles seran poc digestibles (dMO: 35-42% per les palles de cereals i pèsols).

$$dMO (\text{palla}) = dMO (\text{verd}) - (dMO (\text{verd}) \times 0,35)$$

La digestibilitat de la matèria orgànica dels farratges es pot predir a través de diferents mètodes, és a dir, que en funció dels components químics que es vulguin analitzar, l'equació de predicció serà més o menys precisa. En aquest treball, s'ha considerat utilitzar els valors de la PB, FB, GC, etc., ja que són els més usualment analitzats quan es vol saber la composició química d'una mostra de farratge. No obstant, l'INRA proporciona més fórmules, com per exemple la que té en compte la FND i la LAD, components químics que també es poden saber en una anàlisi química bàsic:

$$dMO = 67,78 + 0,07088 PB - 0,000045 FND^2 - 0,12180 LAD \quad R=0.87$$

També es pot calcular la dMO a partir de la digestibilitat de la MS, mesurada aquesta pel mètode pepsina cel·lulasa. Aquesta última no s'ha considerat oportuna d'emprar en aquest treball, perquè les anàlisis simples de composició química habituals no donen valors com la digestibilitat de la MS, essent la seva determinació específica habitualment massa cara.

En general hi ha poca informació sobre la valoració nutritiva dels ensitjats, i, en canvi, la valoració dels fencs està molt ajustada, ja que són els farratges més emprats per la nutrició equina. També és més difícil quadrar les equacions de la dMO que no pas les equacions de la proteïna bruta digestible.

Concentrats simples

En el cas dels concentrats, la digestibilitat de la matèria orgànica és igualment negativa envers al contingut en fibra bruta (Taula 27). Cal destacar que tan la determinació del valor energètic com la del valor proteic, acostuma a ser més senzilla que en el cas dels farratges.

Aliment	Equació	R ²
Cereals	dMO = 93,2 - 1,68FB	0,98
Subproductes dels cereals (farines, gluten feed, etc)	dMO = 70,7 - 1,17FB + 0,22PB + 0,235GC	0,96
Oleaginoses i proteaginoses (garrofa)	dMO = 58,9 + 0,193FB + 0,480PB + 0,254GC	0,90
Clovelles	dMO = 92,7 - 1,26FB	0,99
Resta d'aliments	dMO = 69,2 - 0,538FB + 0,352PB + 0,214GC	0,74

Taula 27. Digestibilitat de la matèria orgànica (dMO) dels concentrats simples. Nota: dMO(%), FB (g/kg MS), PB(g/kg MS) i GC(g/kg MS).

5.2.2. Energia bruta (EB)

L'energia bruta es pot determinar a laboratori mitjançant una calorimetria, o bé també pot ser predita a partir de la composició química dels aliments, mitjançant equacions de predicció. S'expressa en kcal/kg MS. En el cas dels farratges, l'EB es determina a partir del contingut en PB i, en el cas dels concentrats, a través d'una única equació establerta per l'INRA.

- Farratges verds i fencs:

$$EB(\text{kcal/kgMS}) = \frac{4531 + \left(1,735 \left(\frac{PB}{MO} \times 1000\right)\right) + \Delta}{1000 \times MO}$$

Δ = -71 farratges verds de gramínies
 Δ = -11 farratges verds de trèvol violeta, trepadella, de prat verd permanent de muntanya, fencs de prats temporals i cereals immadurs en verd.
 Δ = +82 farratges verds d'alfals i de prat permanent de plana, fencs de prats permanents de plana i de muntanya.

- Blat de moro i sorgo en verd: $EB(\text{kcal/kgMS}) = \frac{4478 + \left(1,265 \left(\frac{PB}{MO} \times 1000\right)\right)}{1000 \times MO}$

- Ensitjats: D'herba → EB (kcal/kg MS) = 1,03 x EB_{verd}
 De blat de moro → EB (kcal/kg MS) = 1,02 x EB_{verd} si MS < 30%
 → EB (kcal/kg MS) = EB_{verd} + 25 si MS > 30%

- Alfals deshidratat:
$$EB(\text{kcal/kgMS}) = \frac{(4618 + (2,051 \left(\frac{PB}{MO} \times 1000\right)))}{1000 \times MO}$$

- Aliments concentrats simples:

$$EB (\text{kcal/kg MS}) = 4134 + 1,473PB + 5,239MG + 0,925FB - 4,46Cendres + \Delta^1$$

Matèries primeres	Δ^1
Gluten meal de blat de moro	308
Gra de colza, de lli, de cotó	116
Civada, gluten feed de BM, sorgo..	75
Farratges deshidratats i palles	46
Ordi	36
Coca de lli, gra de soja, farina de soja	-46
Polpa de remolatxa, melassa, polpa de poma	-103
Lactosèrum	-177
Coques de soja	-231

Taula 28. Valor del coeficient Δ^1 utilitzat per preveure la EB dels aliments concentrats simples.

5.2.3. Energia digestible (ED)

El contingut en energia digestible s'obté a partir de l'energia bruta (EB) i la digestibilitat de l'energia (dE).

$$dE (\%) = 0,0340 + \Delta^2 + 0,9477dMO (\%)$$

$$ED (\text{kcal/kg MS}) = EB (\text{kcal/kg MS}) \times dE (\%)$$

On Δ^2 : +1.1 per els aliments concentrats i -1.1 per als farratges

5.2.4. Energia metabolitzable (EM)

És el valor que informa sobre el potencial energètic dels aliments. El contingut en EM es calcula a partir de l'energia digestible (ED) i de la relació EM/ED:

$$EM (\text{kcal/kg MS}) = ED (\text{kcal/kg MS}) \times (EM/ED)$$

Per a la majoria d'aliments:

$$EM/ED(\%) = 84,07 + 0,0165 FB(\text{g/kg MS}) - 0,0276 PB(\text{g/kg MS}) + 0,0184 CG(\text{g/kg MS})$$

$$R^2 = 0.45.$$

En canvi per els aliments rics en proteïnes (si $PB > 30\%$):

$$EM/ED = 94,36 - 0,0110FB - 0,0275PB$$

És un cas especial el de les polpes de remolatxa, on la relació EM/ED és del 89%.

La EM dels ensitjats d'herba s'ha de corregir, ja que un 15% de proteïnes digestibles són presents en forma de proteïna no aminada (amoníac i urea), i, per tant, no compten com a recursos proteics:

$$EM \text{ corregida (kcal/kg MS)} = EM - (PB \times 4.2 \times 0.15)$$

El coeficient 4.2, expressat en kcal/g MND, correspon a la quantitat d'energia metabolitzable per gram de proteïna digestible utilitzada com a recurs energètic.

5.2.5. Energia neta (EN)

El valor energètic net és calculat a partir del contingut en energia metabolitzable (EM) i l'eficàcia d'utilització de l'energia (km):

$$EN \text{ (kcal/kg MS)} = EM \times km \text{ o } kmc$$

km: aliments concentrats

kmc: farratges després de ser corregits per el cost energètic de la ingestió, a partir del contingut en FB (excepte els farratges deshidratats en pellets).

$$\Delta km = -0.20FB(\%) + 2.50$$

$$kmc = km - \Delta km$$

	R^2
Farratges	
$km = 71.64 - 0.0289FB + 0.0148PB$	0.87
Cereals, gra de lleguminoses	
$km = 72.34 + 0.0119FB - 0.0081PB + 0.0112GC$	0.99
Subproductes de cereals	
$km = 94.41 - 0.0237MO - 0.002PB + 0.0121GC$	0.96
Clovelles	
$km = 67.03 + 0.00426PB + 0.01566GC$	0.90

Taula 29. Previsió de l'eficàcia d'utilització de l'energia (km) a partir de la composició química dels aliments. Nota: MO, FB, PB, GC i MOD expressats en g/kg MS.

5.2.4. UFC

El valor d'energia neta expressat per unitat farratgera cavall es calcula a partir del valor d'energia neta del gra d'ordi de referència, amb un 87% de matèria seca:

$$UFC = EN \text{ (kcal/kg MS)} / EN \text{ ordi} = 2250 \text{ kcal/kg MS}$$

5.3. DETERMINACIÓ DEL VALOR PROTEIC DELS ALIMENTS (MNDC)

5.3.1. Digestibilitat de la proteïna (MND)

Farratges

La digestibilitat de la proteïna total decreix amb l'edat de la planta, ja que el contingut en PBT disminueix en la mesura que ho fa el contingut en fulles (riques en contingut cel·lular) en relació al contingut de tiges.

Aliment	Equació	R ²
Farratges verds	$MND = -74.2 + 0.9568PB + 0.1167FB$	0.98
Fencs	$MND = -25.96 + 0.8357PB$	0.96
Lleguminoses	$MND = -29.95 + 0.8673PB$	0.93

Taula 30. Contingut en MND (g/kg MS). Nota: PB i FB en g/kg MS.

El mètode de conservació afecta de forma evident a la digestibilitat de les matèries proteïques, així doncs, el procés de fenificat provoca un reducció del 14% i l'ensitjat del 18%, envers el mateix farratge en verd. Els farratges deshidratats, per altra banda, no pateixen modificacions en la seva composició química, sempre i quan el procés de d'assecatge sigui ben realitzat, ja que no es provoca reaccions de Maillard entre les proteïnes i els glúcids, sobretot a les lleguminoses. Així doncs, en els farratges deshidratats, la digestibilitat no es veu significativament alterada envers el mateix farratge en verd.

Tot i que en aquest treball no es té en compte el possible tractament amoniacal de les palles per a la valoració nutritiva, ja que és un mètode poc freqüent, s'ha de dir que tal tractament provoca l'augment del contingut en MND, ja que l'amoníac que queda fixat sobre la palla és transformat en urea pel sistema digestiu del cavall.

Concentrats simples

La digestibilitat de les matèries proteïques dels concentrats (MND), està lligada positivament al contingut de PB. Així doncs, a igualtat de contingut en PB, la digestibilitat dels cereals és superior a la dels farratges. No obstant, aquesta pot variar segons els processos tecnològics als que es veuen sotmesos els concentrats. Els tractaments tèrmics excessius que provoquen reaccions de Maillard, provoquen una disminució de la MND. La MND del gra de lleguminoses i oleaginoses és tan elevada com ho sigui el seu contingut en PB, però pot ser limitada pel contingut de parets vegetals, sobretot la fracció indigestible de la FAD (tramús, gira-sol, etc.).

Aliment	Equació	R
Tots els aliments	MND = 10,7 + 0,911PB - 0,121FB	0,959
Cereals	MND = -2,68 + 0,833PB	0,969
Subproductes dels cereals	MND = -17,6 + 0,865PB + 0,051FB	0,945
Gra de oleaginoses i proteaginoses	MND = 2,59 + 0,844PB + 0,051FB	0,996
Clovelles	MND = -43,6 + 0,989PB - 0,127FB	0,998

Taula 31. Matèria nitrogenada digestible dels concentrats simples. PB, FB i MND en g/kg MS.

5.3.2. MNDC

El contingut en matèria nitrogenada digestible per al cavall és el resultat de la multiplicació de la MND per un factor de correcció, que varia segons el tipus d'aliment.

$$\text{MNDC} = \text{MND} \times k$$

Coefficient	Tipus d'aliment
Farratges	
k = 0,90	Farratges verds i ensitjats
k = 0,85	Fencs i farratges deshidratats
k = 0,70	Ensitjat d'herba correctament conservats
k = 0,60	Palles i subproductes rics en lignina
Concentrats simples	
k = 0,87	Cereals
k = 0,92	Cereals tractats
k = 0,94	Gra de lleguminoses i clovelles
k = 0,85	Alfals deshidratat
k = 0,70	Remolatxa deshidratada
k = 0,60	Clovelles de soja i productes rics en lignina

Taula 32. Valor del coeficient de correcció "k" de la MAD per a calcular la MNDC.

5.4. CONTINGUT MINERAL DELS ALIMENTS

5.4.1. Calci

Aquest mineral és abundant a les lleguminoses, les crucíferes (colza) i les polpes de remolatxa. En canvi, és poc present als cereals i en el blat de moro ensitjat. El contingut en les gramínies és inferior al de les lleguminoses. El contingut disminueix durant el primer cicle i augmenta durant els següents. El contingut també és més reduït en el fenificat i l'ensitjat vers el verd.

La digestibilitat del calci varia del 55 al 75%, és més elevat en les lleguminoses que en les gramínies. En les lleguminoses, la digestibilitat del calci no es veu afectada si la ràtio calci/oxalat és superior a 0.5. La digestibilitat del calci no queda afectada per la naturalesa del sòl, en canvi, disminueix si el contingut en fòsfor fític és molt elevat, ja que es forma un complex entre fòsfor i calci que impedeix l'absorció del calci.

5.4.2. Fòsfor

Es troba en abundància als cereals, i sobretot a les clovelles i a les restes de les farines. N'hi ha poc a les polpes de remolatxa, el blat de moro ensitjat i als fencs recollits tard. El contingut a les plantes, disminueix durant el primer cicle i augmenta durant els següents, com en el cas del calci. Disminueix amb els processos de conservat de fenificació i ensitjat.

La digestibilitat del fòsfor varia del 35 al 55% quan el contingut en fòsfor fític és feble. La digestibilitat es redueix gairebé la meitat si el contingut en fòsfor fític és alt, com és el cas dels cereals i les seves farines, i en menor mesura en el gra de lleguminoses i en les clovelles. Aquest és el motiu per al qual s'ha de complementar l'alimentació amb fosfats de bona qualitat. La digestibilitat augmenta amb el contingut en fòsfor i sodi de la ració, però, es veu limitada amb un augment fort de calci, sobretot si la relació Ca/P és superior a 3-4. La digestibilitat del fòsfor no sembla que estigui influenciada per el contingut de magnesi.

5.4.3. Magnesi

El contingut d'aquest mineral normalment és major a les lleguminoses que a les gramínies. Disminueix amb l'estat vegetatiu de les gramínies, sobretot en el primer cicle, però torna a augmentar en els cicles següents. En canvi, no és un mineral afectat pels mètodes de conservació dels farratges. El contingut és dèbil en els cereals, però és molt elevat a les clovelles.

La digestibilitat del magnesi varia del 40 al 60%, essencialment amb la naturalesa dels aliments, ja que la variació del contingut del magnesi de l'aliment envers el de la ració encara és un fet desconegut. La digestibilitat és superior en els farratges, sobretot l'alfals, envers els aliments concentrats. La digestibilitat no es veu afectada per la presència d'oxalat, però si que disminueix amb l'augment de la presència del potassi i del fòsfor.

5.4.4. Sodi

El contingut d'aquest mineral és feble i molt variable segons farratges o aliments concentrats. Disminueix durant el primer cicle, no es veu modificat durant el fenificat i, en canvi, disminueix un 15% durant l'ensitjat. La digestibilitat del sodi varia del 75 al 84%.

5.4.5. Potassi i clor.

El contingut en potassi és elevat, tan als farratges com als concentrats, mentre que el clor és moderat als farratges i pobre als concentrats. La digestibilitat del potassi és del 61 al 65% i la del clor del 100%.

Tot seguit es presenten els valors mitjans dels principals grups de farratges o concentrats.

	Calci	Fòsfor	Magnesi	Potassi	Clor	Sodi
Farratges						
Gramínies	4,7	3	1,6	25	8,3	0,5
Lleguminoses	14	2,7	2,6	24	4,8	0,4
Prat natural	6	3	2,3	19	6,4	1,8
Blat de moro ensitjat	2	1,8	1,2	9	2,9	0,2
Concentrats						
Cereals	0,2	6	1,3	6	0,9	0,2
Subproductes dels cereals	1,7	9	2,5	9	1,7	1,7
Clovelles	0,6	15	4,3	15	1,2	0,6
Altres concentrats	3,1	15	1,6	15	5,2	3,1

Taula 33. Composició mitjana en calci, fòsfor, magnesi, potassi, clor i sodi, expressades en g/kg MS, dels principals farratges i concentrats. Font: INRA, 2007.

5.5. ALIMENTACIÓ PRÀCTICA BÀSICA

L'alimentació varia, segons el tipus de cavall, en funció de la seva mida, la raça, la disciplina i fase de desenvolupament. Normalment, els propietaris no han de pensar massa en aquest tema perquè els nutreòlegs ja s'encarreguen de formular aliments per a molts tipus de cavalls.

Farratge

Com ja s'ha dit anteriorment en aquest treball, els cavalls estan preparats fisiològicament per a pasturar quasi contínuament, i per tant, ingerir grans quantitats d'aliment fibrós durant el dia. La necessitat d'ingerir aquestes grans quantitats de farratge, no tan sols té l'objectiu de cobrir les necessitats, sobretot energètiques, sinó que també vol evitar desordres funcionals en el sistema gastrointestinal, com els còlics, les úlceres i les laminitis. Per mantenir una funció apropiada del sistema gastrointestinal, tots els cavalls haurien de ser alimentats diàriament amb farratge. Per a tenir una idea, s'haurien d'alimentar amb una quantitat diària de l'ordre de l'1 a l'1,5% del seu pes corporal, com a mínim (Pagan J. , 2009). Els prats i pastures d'alta qualitat són la forma més fàcil i econòmica de cobrir els requeriments de fibra dels cavalls, i, per tant, portar-los a pasturar a diari pot ser important dins d'un programa d'alimentació. Si és té cavalls pasturant, el bon maneig de les pastures és crític per mantenir la bona qualitat del farratge, ja que a Catalunya hi ha poques zones que s'hi cultivi expressament per als cavalls. La majoria de vegades és prat natural.

El fenc és la fibra alternativa més utilitzada en les zones mediterrànies, com és el cas de Catalunya, sinó hi ha disponibilitat de prat. Prats cultivats de fleo dels prats (*Phleum pratense*), raigràs anglès (*Lolium Perenne*), raigràs italià (*Lolium multiflorum*), festuca (*Festuca pratensis*) o dàctil (*Dactyl glomerata*), són comunament utilitzats per a l'alimentació equina en forma de fenc. L'alfals (*Medicago sativa*) i el trèvol (*Trifolium sp.*) són lleguminoses utilitzades amb el mateix propòsit, però només per als cavalls que requereixen un nivell nutritiu major, com per exemple els cavalls d'esport.

El bon fenc hauria de tenir una olor dolça, ser de color verd i estar lliure de males herbes i talls llenyosos. Per suposat, cal retirar tot aquell fenc que presenti fongs o pols. Les plantes que desenvolupen tiges molt grosses no són ben digerides, per tant, s'hi s'ha de fenificar el farratge, és millor dallar la planta en el moment que proporcioni la màxima palatabilitat, i no deixar-la créixer al màxim.

Tan el fenc com el gra, necessiten ser emmagatzemats en llocs secs on no es contaminin en pols i humitat, evitar rosegadors i on els cavalls no hi tinguin accés. El fenc haurà de donar-se diverses vegades al dia, o bé inclús *ad libitum*, si es tracta d'herba. La qüestió és que el cavall tingui sempre aliment a l'estomac. Una altre aspecte pràctic, és que es pot mullar el fenc just abans de donar-lo, així s'evita que la pols passi al tracte respiratori, i per tant que el cavall estossegui. Aigua fresca sempre accessible. Les racions de gra com més repartides durant el dia millor, procurant no donar més de 2 kg de concentrat per àpat.

Concentrats

Mentre que els cavalls en estat fisiològic de manteniment, ja en tenen prou amb pastura i complementació mineral, el cavalls que estan en producció, creixement o bé que realitzen esport, necessiten una dieta energètica i proteica addicional.

Les gramínies emmagatzemen energia a les seves llavors en forma de midó, aquesta energia està a grans com la civada, el blat de moro i l'ordi. Una altra font d'energia és la grassa, la qual té 2.5 vegades més d'energia concentrada que el midó del gra i és fàcilment digerible a l'intestí prim (Martínez Marín, 2008).

En el cas de les proteïnes, tan sols les essencials són estrictament necessàries. Els aliments a base de soja encapçalen la llista dels aliments proteics, gràcies al seu alt contingut en lisina, aminoàcid essencial sobretot per al poltre en creixement (Martínez Marín, 2008).

La presentació dels aliments és important també, el gra sol (blat de moro, civada, ordi, etc.) pot ser ofert de forma natural o lleugerament processat, ja que la seva palatabilitat en general és bona. Però, aquests aliments per si sols no proporcionen tots els nutrients necessaris als cavall joves, o bé per al manteniment de teixits i producció d'energia en cavalls sotmesos a exercici intens. Els aliments texturitzants o dolços, en una mescla de gra i melasses i un complement palatable que proporcioni vitamines i minerals, poden ser una bona opció.

Altres aliments com grasses en pols, arròs i polpa de remolatxa, també poden ser adjuntats. La pega d'aquests aliments és que en climes càlids o humits, tendeixen a contaminar-se amb fongs, i per tant es tornen difícils de manejar.

L'aliment en pellets, generalment conté els mateixos ingredients que la opció anterior, però aquests són molguts, tractats al vapor i fets passar per un motlle que els dona forma cilíndrica i allargada. Són més estables i si estan ben fets no desenvolupen fongs o llevats (Martínez Marín, 2008).

Minerals

En el cas dels minerals, s'han de tenir molt en compte quan l'animal només s'alimenta de pastura, i en aquests casos, procurar suplementar amb blocs de sal o electròlits si fes falta. Per als cavalls d'oci, que tenen una dieta farratge:concentrat, hi ha maneres per saber si el cavall té alguna carència en minerals. Si s'observa que l'animal llepa les seves pròpies femtes, normalment és que li falten minerals a la dieta, llavors podem mirar de canviar la dieta o bé suplementar-la. Els cavalls d'esport tenen necessitats majors de minerals, sobretot d'electròlits.

Inclusió de les matèries primes a la ració

Quan s'incorporen concentrats granulats en les racions dels cavalls, s'ha de tenir en compte no tan sols les restriccions d'inclusió de les matèries primes no farratgeres, sinó el fet de que tals matèries han de patir un procés tecnològic. Així doncs, els factors que limiten la inclusió de les matèries primeres en els concentrats poden ser de caràcter nutricional o tecnològic. Els límits nutricionals són a causa de l'aport de certs nutrients, el contingut en substàncies amb efecte antinutritius o característiques organolèptiques o físiques negatives. Els límits tecnològics deriven de l'efecte positiu o negatiu que les matèries primeres tenen sobre la qualitat del gra i de la disponibilitat de maquinària adequada de les fàbriques. Normalment, en la formulació de concentrats per cavalls els límits tecnològics s'assoleixen abans que els límits nutricionals (Martínez Marín, 2008).

Des d'un punt de vista nutricional, el límit principal per la inclusió de cereals i lleguminoses és l'aport de midó i la seva digestibilitat a l'intestí prim. En el cas de les llavors de lleguminoses, a més, s'ha de tenir en compte els factors antinutritius, especialment en el cas del pèsol. La farina de gira-sol, el blat o la grassa poden provocar problemes de palatabilitat quan s'addicionen a nivells elevats. La polpa de remolatxa s'ha de limitar per prevenir problemes derivats de la seva ràpida hidratació a l'estomac. Pel que fa als processos tecnològics, la inclusió de les diferents matèries primes sòlides s'ha de considerar únicament amb l'objectiu d'obtenir un gra d'alta qualitat. L'incorporació de grassa o melassa està limitada principalment per la disponibilitat de la maquinària adequada (Martínez Marín, 2008).

Matèria primera	Consum màxim (kg/100 kgPV/d)
Civada	1,2
Ordi	1,2
Blat	0,6
Blat de moro	0,8
Faves	0,3
Pèsols	0,3
Segó de blat	0,6
Clovella de soja	1,2
Polpa de remolatxa	0,3
Farina d'alfals	1,3
Melassa de remolatxa	0,4
Garrofa	1
Tortó de soja 44	0,2
Tortó de gira-sol 28	0,2
Grassa	0,1

Taula 34. Límits d'inclusió en el concentrat de les matèries primes més representatives en l'alimentació equina. Font: (Piccioni, 1970), (Beynen, 2002), (Coverdale, 2004), (Lindberg, 2005), (Martínez Marín, 2008).

MANUAL

El punt clau del maneig nutritiu és proporcionar nutrients que eficientment mantinguin el pes corporal i el benestar del cavall, i que donin suport a les necessitats de creixement, producció i treball. El procés de formulació alinea les quantitats d'aliments amb la necessitat nutritives. Per elaborar un correcte racionament, s'ha de tenir coneixement sobre els aliments principals, els processos als quals poden ser sotmesos i les conseqüències d'aquests sobre els seus nutrients, pràctiques de conservació d'aliments i requeriments nutricionals i fisiològics equins.

El balanç de la ració implica processos matemàtics que relacionen la composició nutricional dels aliments amb els requeriments nutricionals del cavall. Els mètodes van, des de perfils nutricionals simples que tan sols combinen uns pocs aliments, a mètodes que imposen límits a certs aliments, ja siguin d'inclusió³⁰ o de preu. Si es pretén fer la ració amb tan sols manipulació matemàtica de les dades, es pot caure en error, ja que l'èxit de la ració depèn d'altres factors, com la palatabilitat o la qualitat dels aliments, dels comportament de l'animal a l'hora de menjar, i de les pràctiques de maneig d'aliment envers la fisiologia de cada cavall en concret.

En aquest treball final de grau s'ha elaborat una eina de racionament completa en base al full de càlcul Excel®, i que permet elaborar racions per cavalls de diferents pesos, edats i estadis fisiològics. A continuació s'explica el funcionament de les parts que formen l'aplicació. amb la finalitat de racionar de manera lògica i sobre un base sòlida de revisió bibliogràfica del sistema INRA.

1. Valoració dels aliments

Aquesta pestanya, que és la número 6 de l'aplicació, és la que ens permet fer la valoració d'un aliment propi o inexistent a les taules ja introduïdes al programa. Els aliments que podem valorar són farratges verds, ensitjats o secs i concentrats i subproductes de concentrats. Els valors resultants de la nostra valoració quedaran gravats a les taules de contingut, segons la naturalesa de cada aliment. En canvi, els minerals (**excepte Ca, P i Mg**) i les vitamines hauran de ser introduïdes manualment a les taules de contingut, un cop realitzada la valoració nutritiva de l'aliment en qüestió. La imatge que ens trobarem per fer la valoració vindria a ser la següent on:

³⁰ Límit d'inclusió a la ració: és un limitant que pot ser màxim o mínim que evita que el cavall tingui problemes digestius o fisiològics per excés o carència d'un cert nutrient i que s'aplica als aliments simples.

- **Quadre vermell:** tipus d'aliment que s'està valorant. Si el tipus d'aliment que s'està valorant no és a la llista, seleccionar-ne un que sigui de la mateixa família (gramínies, lleguminoses, prat natural o de muntanya, etc.). Aquestes pestanyes són desplegable.
- **Quadre blau:** Aquest quadre és on hem de ficar el nom del nostre aliment, i sempre fer-ho a la casella del costat del tipus d'aliment que estiguem valorant, per exemple, si tenim un ensitjat que volem valorar, triarem un farratge del desplegable situat just a sota la paraula "Ensitjats" i posarem el nom del nostre ensitjat al costat del desplegable que haguem seleccionat "Sorgo pastós (cat)", en aquest cas.
- **Quadre verd:** en aquestes caselles, s'hi ha d'adjuntar els valors de la composició química del nostre aliment, que no és res més que els valors resultants de l'anàlisi laboratorial de l'aliment. És normal no tenir valor d'extracte eteri (EE) per als farratges, ja que és un valor tan sols conegut normalment per als concentrats. Per als valors FND, FAD i LAD és important saber que **tan sols s'han de posar si és coneixen els tres**, sinó la valoració nutritiva serà errònia. Si aquestes caselles queden el blanc, perquè no se'n coneix el valor de cap o d'alguna d'elles, no passa absolutament res, perquè l'aplicació disposa de diverses fórmules introduïdes que permeten calcular la valoració, tot i no tenir aquestes dades. Tota la resta de dades són imprescindibles (MS, PB, Cendres, FB, EE -nomes en concentrats-, Ca, P, Mg).
- **Quadre lila:** aquestes pestanyes són les que permeten transportar la informació de la valoració nutritiva a les taules. Cadascuna està assignada a un tipus d'aliment, que és el de la seva mateixa fila (verds, ensitjats, secs i concentrats simples). Al prémer aquesta casella, la informació es trasllada a la taula del contingut que pertanyi l'aliment a valorar.
- **Quadre taronja:** Ens dona informació sobre els valors que hem de introduir a les caselles.
- **Quadre groc:** al prémer aquesta pestanya tot es queda sense valor, ja que esborra tot que s'hagi escrit. Així s'evita possibles confusions si es vol fer la valoració de més d'un aliment i permet que es pugui començar des de zero amb un sol clic.

Neteja 1		MS(%)	PB (g/Kg)	Cendres (g/kg MS)	FB(g/Kg)	FND (g/kgMS)	FAD (g/kgMS)	LAD (g/kgMS)	EE (g/kg)	Ca(g/kg MS)	P(g/kg MS)	Mg (g/kgMS)	
verds													
Festuca elevada (INRA)	Blat de moro pastos (cat)												Valor
ensitjats													
Ray grass anglès (INRA)	Sorgo pastós (cat)												Valor
secs													
Alfals (INRA), fenc	Alfals rebrots (cat)												Valor
Concentrats Simples													
Melassa de remolatxa	Remolatxa polpa deshidratada (cat)												Valor

El valors FND, FAD i LAD és posen tots o no se'n possa cap, es a dir, si s'hen posa un s'ha de posar el altres dos i sino cap dels tres.

Imatge 10. Mostra de la pestanya "Valoració Aliments".

Neteja 1

Verds

Festuca elevada (INRA)

Ensitjats

Ray grass anglès (INRA) **Sorgo pastós (cat)**

Prat de plana (INRA)

Prat de muntanya (INRA)

Ray grass italià (INRA)

Ray grass anglès (INRA)

Dactil (INRA)

Blat de moro pastos 30%MS (INRA)

Blat de moro pastos 35%MS (INRA)

Melassa de remolatwa



MS(%)	PB (g/Kg)	Cendres (g/kg MS)	FB(g/Kg)	FND (g/kgMS)	FAD (g/kgMS)	LAD (g/kgMS)	EE (g/kg)	Ca(g/kg MS)	P(g/kg MS)	Mg (g/kgMS)
23,8	102,3	80,3	293,4	586,4	346,8	42,4	5,6	2,4		



Valor

Valor

Valor

Valor

Imatge 11. Passos a seguir per fer la valoració nutritiva. 1: Posar el nom del nostre aliment i seleccionar-ne un de la pestanya desplegable. 2: Introduir el valors de l'anàlisi química. 3: Prémer "valor".

Quan es pressiona el botó "valor", l'aplicació trasllada totes les dades a la taula de contingut, en aquest cas a la d'ensitjats. En aquesta taula es pot observar el valor energètic i proteic del sorgo que hem valorat anteriorment, que són els valors essencials per posteriorment elaborar

	MS(%)	UFC	MNDC (g)	k	EN (kcal)	Km (%)	EB (kcal)	dE (%)	ED (kcal)	EM (kcal)	MO (g)	dMO (%)	N
...													
Blat de moro pastos 30%MS (INRA)	30	1,02	10,80	0,7	2301,68	84,01	4462,05	62,62	2794,11	2739,91	954	67,20	
Blat de moro pastos 35%MS (INRA)	35	1,02	10,47	0,7	2291,81	84,23	4399,56	63,07	2774,66	2721,04	954	67,67	
Civada (cat)	30,86	0,67	39,97	0,70	1516,16	74,96	4346,17	48,63	2113,53	2022,51	908,40	52,44	
Dactil (INRA)	33,5	0,74	79,06	0,70	1660,71	75,91	4292,49	55,35	2375,92	2187,87	871,00	59,53	
Prat de muntanya (INRA)	33,5	0,78	73,53	0,70	1761,55	76,99	4493,18	54,68	2456,85	2288,12	906,00	58,82	
Prat de plana (INRA)	33,5	0,74	65,55	0,70	1660,64	76,36	4509,22	53,67	2420,24	2174,79	896,00	57,76	
Prat natural graminies (cat)	48,15	0,38	49,82	0,70	849,83	72,22	4376,14	28,39	1242,51	1176,77	896,10	31,08	
Sorgo pastós (cat)	23,8	0,73	40,32	0,70	1641,41	77,06	4407,73	50,48	2225,11	2130,08	919,70	54,39	
Ray grass anglès (INRA)	33,5	0,70	51,03	0,7	1578,02	75,48	4292,97	51,55	2212,96	2090,54	889	55,52	
Ray grass italià (INRA)	33,5	0,81	46,95	0,7	1816,40	78,21	4297,57	57,14	2455,62	2322,56	890	61,42	

Imatge 12. taula de contingut de farratges ensitjats.

la ració. A l'anterior il·lustració (Imatge 12) tan sols s'aprecien algunes dades, tot i que, la taula de l'aplicació en proporciona moltes més.

2. Necessitats nutritives

La pestanya “Necessitats” que és la numero 7 a l'aplicació, i permet esbrinar les necessitats nutritives d'un cavall en funció de certes dades conegudes. En aquesta pestanya, podem distingir dues zones: la primera, situada a l'esquerra, és per ser reomplerta amb les dades de l'exemplar del qual se'n vol saber les necessitats. La segona, situada a la dreta, ens dona la informació necessària per fer aquestes necessitats conegudes. La imatge que ens trobarem per fer el càlcul de necessitats vindria a ser la següent, on:

- **Quadre groc:** la cel·la i els desplegable d'aquest apartat són imprescindibles per a que el programa pugui calcular les necessitats del cavall. El pes viu (PV) s'ha d'introduir en quilograms. Els estats fisiològics poden ser: manteniment, gestació, lactació, creixement i treball. La raça pot ser: races pesades, sella, poni o cursa. L'activitat pot ser: femella o mascle en repòs, cavall en treball i semental en repòs o cobrint. Els desplegable de “Treball” i “Lloc de treball” tan sols s'han d'escollir si al desplegable “Estat fisiològic” s'escull “Treball”.
- **Quadre verd:** les caselles d'aquest requadre s'activen segon el que s'esculli a “Estat fisiològic” (Imatge 13). Si l'estat fisiològic és manteniment, no haurem d'omplir res més que el pes viu de l'animal i escollir la resta de desplegable excepte “Treball” i “Lloc de treball”. En cas de que tinguem un exemplar euga i en gestació, llavors ens apareixerà “mes de gestació” en una de les caselles blaves i s'haurà d'introduir un valor en mesos, comprès entre 0 i 11. En el cas de que tinguem un exemplar euga i lactant, apareixerà “mes de lactació” en una de les caselles blaves i s'haurà d'introduir un valor en mesos, comprès entre 0 i 6. En cas de que tinguem un pollí deslletat, apareixeran dues caselles: “PV (pes viu) del polli” i “Edat del polli”, que s'hauran de reomplir en kg de pes viu, la primera, i en mesos d'edat, la segona. En el cas de que tinguem un cavall de treball, apareixerà “h treballades/d” on s'haurà de introduir un valor en hores, a més a més de seleccionar la intensitat del treball al desplegable “Treball”, i on es realitza aquest treball al desplegable “Lloc de treball”.
- **Quadre vermell:** aquestes caselles ens donen informació de les necessitats d'energia (UFC), proteïna (MNDC) i lisina (g). En el sistema INRA, tan sols s'obté informació de la lisina en els estats de manteniment i creixement, al contrari que al sistema NRC que calcula les necessitats de lisina per qualsevol estat fisiològic.
- **Quadre lila:** les caselles d'aquest apartat donen informació sobre les necessitats de macromineral (g/ kg PV), els oligoelements (mg/MSI) i les vitamines (UI/ kg MSI).
- **Quadre blau:** al igual que les caselles del quadre verd, en aquest apartat s'observa informació sobre el consum de matèria seca, sempre, i de la producció de llet (kg

- **Quadre vermell:** en aquesta secció es selecciona els aliments dels que es disposa. Com es pot observar a la imatge 10, hi ha dos verds, tres secs, dos ensitjats, cinc concentrats i dos fonts de minerals per a poder triar, és a dir, varis ingredients si fes falta.
- **Quadre groc:** les caselles blaves d'aquest requadre són les que es poden modificar, i de fet a les que se'ls hi ha d'introduir un valor si o si per a que la funció Solver pugui trobar una solució. De les dues caselles blanques, tan sols se'n pot modificar manualment la de "kg MF", en cas que fes falta ajustar la ració manualment. Els límits serveixen perquè la funció Solver no s'excedeixi o bé agafi ingredients obligatòriament amb un valor mínim.
- **Quadre verd:** secció informativa dels valors de necessitats i dels valors dels aportats. A les necessitats se'ls hi dóna un marge d'un 10% per a que el Solver tingui marge d'actuació a l'hora d'ajustar la ració, ja que si se li demanés que busqués el valor exacte, mai trobaria una solució viable i que complís tots els requisits.
- **Quadre lila:** percentatge de necessitats cobertes amb els aliments escollits.

NETEJA 2			LIMITS		CÀLCULS		PREU
			MIN	MAX	Kg MF	Kg MS	€/Kg MF
VERDS	Festuca elevada (INRA)	▼	0	999	-	-	0,1
	...	▼	0	999	-	-	0,1
SECS	Alfals (INRA) fenc	▼	0	999	1,35	1,15	0,1
	Palla Civada (INRA)	▼	0	999	0,52	0,46	0,1
...	▼	0	999	-	-	0,1	
ENSITJATS	...	▼	0	999	-	-	0,1
	...	▼	0	999	-	-	0,1
CONCENTRATS	Ordi (INRA)	▼	0	999	2,70	2,35	0,1
	Coca soja 46 (INRA)	▼	0	999	-	-	0,1
	...	▼	0	999	-	-	0,1
	...	▼	0	999	-	-	0,1
MINERALS	...	▼	0	999	-	-	0,1
	...	▼	0	999	-	-	0,1

	Min	95%	Max	105%	
/d	MIN	MAX	VALOR	% Cobert	
MSI (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MOD (g)	3214,41	3552,77	2651,58		78,37
MSF (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UFC	3,93	4,35	3,87		93,49
MNDC (g)	281,26	310,87	310,87		105,00
Ca (g)	19,00	23,10	19,00		95,00
P (g)	13,30	16,17	13,30		95,00
Lisina (g)	25,65	28,35	0,00		
Mg (g)	7,13	7,88	3,73		
Cl (g)	38,00	42,00	0,00		
K (g)	28,50	31,50	0,00		
Na (g)	9,50	10,50	0,00		
S (mg)	0,00	0,00	0,00		
Co (mg)	0,00	0,00	0,00		

Imatge 15. Vista de "Plantejar la ració".

4. La ració

A la pestanya "Ració" queda plasmat l'informe final, on es resumeix la informació necessària per tirar endavant la ració. És una pestanya que es pot perfectament imprimir en format DIN-A4, si es selecciona convenientment (Imatge 16).

Nutrecu		Creat per Laura Vilà Casas. 2015.												
Característiques del cavall	Nom:	Raça: Sella												
	PV : 500,00	Activitat: Treball												
	Estable:	Estat: Treball												
	Box:	Mes:												
	Paddock:	h treball/d 0,5												
Aliments	Valor nutritiu dels aliments (/Kg MS)							Aport nutritiu envers la ració per dia				Informació adicional		
	Kg MF	€/d	UFC	g MNDC	g Ca	g P	MSI (kg)	UFC	g MNDC	g Ca	g P		Necessitats	Aports
Farratges														
Alfals (INRA) fenc	0,08	0,1	0,68	102,72	14	2,7	0,07	0,05	7,41	1,01	0,19	Lisina (g)		0
Palla Civada (INRA)	9,59	0,1	0,41	3,07	2,34	1,8	8,44	3,44	25,89	19,75	15,19	Mg (g)	15,00	14,17
Concentrats														
Coca soja 46 (INRA)	1,30	0,1	0,96	261,65	3,9	7,1	1,14	1,09	297,62	4,44	8,08	Cl (g)	66,50	0
Farina de garrofa (INRA)	2,97	0,1	0,69	37,83	5,1	1,1	2,51	1,73	94,98	12,80	2,76	K (g)	44,00	0
Minerals														
Aports totals per dia														
Necessitats														
% cobert														

Imatge 16. Pestanya "Ració".

- Informació sobre les característiques del cavall: el pes viu, l'estat fisiològic, l'activitat i la raça. Els espais com "Nom", "Estable", "Box" i "Paddock" són per que ho reompli l'usuari.
- Aliments utilitzats ordenats per categories.
- Quilograms de matèria fresca per aliment i total que conté la ració, preu per aliment i cost total de la ració per dia.
- Valor nutritiu de cada aliment que conté la ració.
- En aquest requadre si observa els quilograms de matèria seca ingerida (MSI).
- Aport nutritiu de cada aliment que forma la ració.
- Informació sobre els aportos i les necessitats dels macromineral, oligoelements i vitamines excepte el calci, fòsfor i que formen part de la ració.

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de <http://www.championsgallery.com/>

Beeman, M. (s.f.). Conformation: The relationship of Form to Function. *Quarter Horse Journal Reprint*.

Beynen, A. a. (2002). High-fat diets for horse. *Proceedings of the 1st European Equine Nutrition & Health Congress*, 24-34.

Brody.S. (1945). Bioenergetics and growth. *Hafner Pub.Co., New York*, 1023.

Catalunya, G. d. (2012). Guia de pràctiques correctes d'higiene per a les explotacions d'equi de carn. Barcelona: Agencia de Salut Pública de Catalunya.

Climont, S. (2005). Manual de anatomia y embriologia de los animales domesticos.

Coverdale, J. J.-A. (2004). Soybean hulls as an alternative feed for horses. *J. Anim. Sci*, 1663-1668.

Deacon., G. W. (1999). *Sin pies no hay caballo*. Hispano europea.

Deloitte. (2012). *Analisis del Sector Ecuestre*.

Deloitte. (2013). *Estudio del impacto del sector ecuestre en españa*.

EHN. (2010). Obtenido de www.europeanhorsenetwork.eu

FAOSTAT. (2013). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org>

Frank J.Michel, R. F. (2004). Race Breeding Theories.

Frape, D. (1992). Nutrición y Alimentación del Caballo.

Gail Williams, M. D. (1999). *Sin pie no hay caballo*. Hispano Europea.

Gillian Higgins, S. M. (2011). *Como se mueve tu caballo. Una guía visual única para mejorar el rendimiento*. Picobello Publishing.

Higgins, G. (2011). *Como se mueve tu caballo*. Picobello Publishing.

Hiraga, A. a. (1995). The effects of incline on cardiopulmonary function during exercise in the horse. *J.Equine Sci*, 55-60.

Hörnike H., M. R. (1983). Respiration in exercising horse. *Equine exercise physiology*, 7-16.

Hudson, C. a. (2001). Effects of exercise training on the digestibility and requirements of cooper, zinc and manganese in Thoroughbred horses. *Equine Nutr. Physiol Soc. Symp*.

- Jackson, S. G. (any desconegut). Form follows function? How does conformation effect the performace horse? Kentucky Equine Research, Inc.
- Jansson, A. a. (1999). Effects of potassium intake on potassium, sodium and fluids balances in exercising horses. *Equine vet.*
- Klimke, R. (2013). Entrenamiento basico del caballo joven.
- Klimke, R. (2013). *Entrenamiento del caballo joven.*
- Lindberg, J. (2005). Use of non-starch carbohydrate energy sources. *Nottingham University Press. Thrumpton*, 249-264.
- MAPA. (s.f.). *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.magrama.gob.es/es/>
- MARM. (2011). Obtenido de <http://www.magrama.gob.es/es/>
- Martínez Marín, A. (2008). Materias primas en concentrados granulados para caballos de ocio. *Arch. Zootec.* 57, 115-122.
- Martin-Rosset, W. (2012). Nutrition et alimentation des chevaux.
- Navarro, G. p. (2012). Guía de practiques correcte d'higiene per a les explotacions d'equí de carn.
- NRC. (2014). Nutrient Requirements of Horses.
- Pagan J.D., H. H. (1986). Equine energetic,II.Energy expendidure in horses during maximal exercise. *J.Anim.Sci*, 63,822-830.
- Pagan, J. (1994). Nutrient digestibility in horses. Feeding the performance horse. *Ker Short Course for feed manufacturers.*
- Pagan, J. (2009). Forages: The foundation for equine gastrointestinal health. *Advances in equine nutrition-Vol IV.*
- Piccioni, M. (1970). *Diccionario de alimentación animal*. Zaragoza: Acribia.
- Piliner, S. (2004). Equine Science.
- Reguant, A. (2011). La producció de carn de cavall a catalunya.
- Reitnour, C. a. (1975). Effect of oral or cecal administration of protein supplements on equine plasma amino acids. *Br. Vet Jouranl.*
- S.Loving, N. (2010). *Todos los sistemas del caballo*. Hispano Euoepa.
- Sanchez, J. (nd). Biomecánica. *Pedigree Pattern.*

Schaller, O. (1992). *Nomenclatura anatomia veterinaria ilustrada*. Acribia.

Seong-Gil Kim, J.-H. L. (2014). The effects of horse riding simulation exercise on muscle activation and limits of stability in the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*.

Staderman, B. a. (1992). Calcium and magnesium absorption with roughage or mixed feed. *Pferdeheilkunde*.

Sturgeon, L. B. (2000). The digestibility and mineral availability of matua, bermudagrass, and alfalfa hay in mature horses. *Journal Equine Vet*.

Tragsega. (2003). *Estudio y Caracterización del Sector Equino en España*.

ULPGC. (s.f.). www.webs.ulpgc.es. Recuperado el 2015, de <http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema16.htm>

W.Martin-Rosset, M. (1997). Concepts, scientific bases, structure and validation of the French horse energy system (UFC). *Livest.Prod.Sci.*47, 261-275.