

# El Aprendizaje Automático computacional na valoración d'exemplares bovinos d'Asturiana de los Valles

---

Por **Jaime Alonso, Jorge Díez, Oscar Luaces,  
Juan José del Coz, Antonio Bahamonde**

Centru d'Intelixencia Artificial  
Universidá d'Uviéu

& **Félix Goyache**

Área de Xenética y Reproducción Animal  
SERIDA, Xixón



## ENTAMU

Nesti artículu queremos presentar una llinia d'investigación que desendolcamos n'Asturies sobre unos animales totémicos como son les vaques de carne de la Raza **Asturiana de los Valles** (d'equí en delante, RAV). L'oxetivu central d'esta llinia ye construir preseos amañosos, eficientes y reproducibles pa valorar esta castra d'animales.

De la pallabra **valorar**, nel *Diccionariu de la Llingua Asturiana* (DALLA) recúeyense dos aceiciones:

Ser consciente del valor de [una persona], de [un trabayu]. II 2. Dar un valor de [una cantidá de dineru] a [daqué].

Nes páxines que vienen darréu vamos dir esplicando de qué mou s'entienden estes aceiciones nel contestu del ganáu de la RAV.

L'éxitu o fracasu d'una explotación ganadera encóntase, como en cualesquier otra industria productiva, na rentabilidá. Les ferramientes pa controlar esta variable son les estimaciones de costos y beneficios. Naturalmente, esto depende de munchos factores ente los que s'alcuentren los gastos en maquinaria o alimentación. Pero la ganadería depende, fundamentalmente, de los animales que son les sos máquines de tresformación del alimentu (forraje) en carne. La componente que nos interesa nesti artículu ye cómo evaluar la calidá d'estes máquines na medida en que de les sos morfoloxíes va depender, en ma-

yor o menor medida, la so eficiencia económica. D'esta calidá dependerá, al empar, la política de seleición ente los propios animales pa escoyer los que sedrán padres y madres de la xeneración viniente. Veremos que too esto depende, de mou fundamental de la valoración de los animales fecha de la forma más oxetiva posible.

Entamaremos recordando que'l ganaderu cría los animales con un fin económicu; nel casu que nos ocupa los ingresos obtendránse pola producción de carne. El ganaderu viende les canales de los sos animales. El productu que'l ganaderu pon en mercáu nun son solo kilos de carne sinón unidaes (canales) que, amás del pesu, presenten una conformación (morfoloxía) que representa la proporción de carne de primer calidá que contién.

P'ayudar a determinar de forma oxetiva cuáles son los carauteres morfolóxicos d'un animal que determinen les decisiones de los espertos existe una rama de les ciencies de la computación que se conoz como *deprendizax automáticu*. Esta disciplina ye una parte fundamental de la Intelixencia Artificial; l'oxetivu de so ye construir programes informáticos que seyan pa *deprender* a partir d'exemplos. Nesti casu, programes capaces d'utilizar informaciones oxetives de los animales de forma que puean *estimar* decisiones de calificación comparables coles que fai una persona esperta.

## El deprendizax automáticu ye una parte fundamental de la Intelixencia Artificial; l'oxetivu de so ye construir programes informáticos que seyan pa deprender a partir d'exemplos, nesti casu, d'informaciones oxetives de los animales

Como en cualesquier trabayu científicu, trátase de caminar escontra la igua d'un problema. Nesti casu, como en tantos otros, la busca del enunciáu del problema tuvo mesturada col so plantegamientu. Paga la pena recordar qu'hasta va namái unos años yera frecuente l'alusión a métodos de valoración basaos na comparación suxetiva con un tipu ideal nel que l'harmonía de formes xugaba un papel central, lo que resulta de difícil cuantificación (Cima 1986).

L'averamientu al problema de la calificación per mediu de *deprendizax automáticu* tien ventayes de tipu práuticu. El ganaderu pue conocer antemanadamente qué animales de la so cabaña presenten mayor potencial económicu y entós seleicionalos como proxenitores pa la siguiente xeneración. El poder facer esta seleición a partir de carauteres medibles a lo llargo de la vida de los animales fai posible escoyer indireutamente un caráuter d'importancia económica que namái se pue midir direutamente en morriendo l'animal. Si se tuviesr qu'esperar a ver les canales pa seleccionar futuros padres habría que conservar semen o óvulos de cada animal enantes

del sacrificiu por si resultare ser amañosu como proxenitor, lo que resultaría escesivamente caro y poco práuticu.

El trabayu qu'equí se presenta ye la narración d'una llarga trayectoria de proyeutos d'investigación y publicaciones que dura yá más de 15 años. Dalgunes referencies bibliográfiques claves son estes: Goyache *et al.* (2001), Díez *et al.* (2003), Bahamonde *et al.* (2004), Del Coz *et al.* (2004), Luaces *et al.* (2004), Díez *et al.* (2005, 2006) y Alonso *et al.* (2007, 2008, 2009, 2013, 2015). Estos trabayos siempre tuvieron venceyaos a l'Asociación de Criadores de la RAV (ASEAVA).

L'artículu ta organizáu como sigue. Nel apartáu viniente presentaremos de mou curtíu l'oxetu principal que se trata nesti artículu: la vaca de la RAV. Darréu, discutimos el sentíu precisu que damos al términu **valorar** nesti contestu. Pa cabu, presentamos los métodos de valoración (o calificación) qu'implementamos y la comparanza. L'artículu piéllase con un epígrafe curtíu de conclusiones.

### PRESENTACIÓN CURTIA DEL ORIXE DE LA VACA ASTURIANA

La vaca autóctona d'Asturies ye la **vaca roxa**, términu qu'en realidá compriende dos castres que güei s'usen pa la producción de carne. Son les castres Asturiana de la Montaña (o casina) y Asturiana de los Valles (o carreñana) (Figura 1). Nesti artículu va tratase de la segunda d'estes races, la más abundante non solo de la vaca roxa sinón tamién de toles vaques de carne actuales d'Asturies.

L'orixe d'estes vaques suel atribuyise a la migración celta que pobló Asturies de los siglos VII y VI a.C. (Álvarez Sevilla 2001). Los argumentos que xustifican esti aniciu son los que vienen darréu.

Per una parte, tán les referencies históriques y les ayalgues arqueolóxicas. La primer vez qu'apaez una mención histórica al pueblu ástur ye con motivu d'una raza de caballos que causaron muncha impresión a los conquistadores romanos poles sos propiedaes pa la guerra. La mención escribióse alreduer del añu 80 a.C. y ye del historiador romanu Plinio y en Álvarez Sevilla (2001) trescribese como vien darréu:

«Les tribus Galaiques y Ástures del norte d'Hispania críen una castra de caballos a la que llamen celdones (na so llingua); esta pequeña castra de caballos a la que (nós los romanos) denomamos asturcones, nun tro-tien sinón que fan un pasu fácil que surde d'aballar por bredda la pata ya la man de cada llau».

Lo importante, p'asitiar l'orixe de la vaca roxa ye que, amás de les referencies históriques, tenemos les ayalgues de la xaceda arqueolóxica del castru de la Campa Torres, en Xixón. Apaecieron 25 restos de caballos correspondientes a 6 individuos distintos con alzaes comprendies

entre 1,12 m y 1,30 m. Xunto a estos restos, y más abundantes, apaecieron restos de bovinos: un total de 1950 de 70 exemplares (Álvarez, 2002). Poles sos carauterístiques biomorfolóxicas, les vaques de la Campa Torres yeren les mesmes que güei llamamos xenéricamente vaca roxa; los caballos sedríen asturcones.



#### ARRIBA

Figura 1. Exemplares de vaca roxa. A la izquierda vaca casina o Asturiana de la Montaña. A la derecha vaca carreñana o Asturiana de los Valles, de la que trata esti artículu.

N'otres pallabres, el ganáu que carauterizaba a los pueblos qu'atoparon los romanos n'Asturies yera'l de les actuales races autóctones, al menos de caballos y vaques, pero quiciabes tamién d'oveyes y cabres. Pol llugar d'habitación en castros y por dalgunos rasgos llingüísticos que se salen fuera del algame d'esti artículu, tratábase de pueblos d'orixe celta. Cabría la posibilidá de que los celtas ástures domesticaren estos animales al llegar al so nuevu llugar de residencia, Asturias, pero sábese qu'esto nun se produxo. Los centros de domesticación de bovinos dedi-

**ABAXO**

Figura 2. Güe y vaca de castra Aubrac. La distinción cola Asturiana de los Valles nun resulta cenciella.

caos a la ganadería nun tuvieron nesta tierra, como pue vese en Beja *et al.* (2006).

Por tanto, estos animales traxéronlos los ástures na so migración dende, al menos, el centru d'Europa. Esta conclusión tamién ta refrendada pol fechu de que vaques de delles otres rexones tán claramente emparentaes coles roxes, como les Aubrac del Macizu Central francés, (Figura 2). Lo mesmo pue dicise de los ponis asturcones y dalgunes races de las Islles Britániques. Lo que tienen en común toes estes rexones ye que son llugares que la historiografía tradicional identifica como d'orixe celta.

Pa completar la descripción del orixe de la vaca roxa actual hai que recoyer un rasgu significativu. Nel interesante artículu d'Albano Beja-Pereira *et al.* (2006) amentáu anteriormente, pruébese que'l ganáu vacuno de la península Ibérica tien dalguna mestura con ganáu procedente del norte d'África. Y la vaca roxa nun ye nenguna esceición.



**RECONOCER EL MÉRITU DE LOS ANIMALES P'AUMENTAR EL VALOR DEL REBAÑU FUTURU**

La valoración nes aceiciones recoyíos nel entamu rellaciónense cola seleición de proxenitores de la siguiente xeneración de bovinos d'una explotación ganadera. Ye frecuente referise a esta valoración como *calificación* nel sen de poner una nota.

La calificación del ganáu siempre se reconoció como una bona práutica; nesti sen puen vese los informes añales del *International Committee for Animal Recording* (ICAR) del añu 2005. Lo interesante nun son namái les calificaciones de los individuos por sí solos, sinón la so evolución nos rebaños. D'esta miente la calificación pue usase como una evaluación de la estratexa de seleición.

Pue afitase una edá, por exemplu l'añu, y usar esi valor económicu como rexistru del rendimientu del animal. Al facer comparanza de los rexistros de los rebaños a lo llargo del tiempu podrá comprobese la evolución del rendimientu

Estes estratexes afitense, lóxicamente, na naturaleza heredable de dellos carauteres del ganáu. L'éxitu o non de les estratexes de seleición vien dau pol grau en que son heredables los carauteres escoyíos pa determinar la seleición y pola rellación que tengan esos carauteres col rendimientu o oxetivu que se quiera algamar (Koch 2004). Un exemplu pue ser la facilidá de partu de les vaques como oxetivu deseable y dalguna midida de la pelvis como rasgu que determina la seleición. Una cita interesante, Nephawé *et al.* 2004) nesti contestu ye:

La bona práutica qu'encamienta l'ICAR tien que s'entender, llueu, tanto nel rexistru de los carauteres que determinen la seleición, como tamién de los rendimientos algamaos.

**SEÑALAR EL PRECIU DE LES CANALES**

La segunda aceición de valorar yera señalar el preciu de daqué. Nel contestu d'esti artículu esti ye l'oxetivu central: señalar el preciu de les canales; señalar nel sen d'anticipar o predicir.

N'efectu, si se pue predicir afechiscamente'l valor económicu de la canal d'un animal en cualesquier momentu, pue afitase una edá, por exemplu un añu, y usar esta cantidá como rexistru del rendimientu del animal. Al facer comparanza de los rexistros de los rebaños a lo llargo del tiempu podrá comprobese la evolución del rendimientu y, por tanto, como yá se comenta-

re, l'éxitu o fracasu de les polítiques de seleición (o de compra) que se siguiere.

Ye perimportante destacar qu'esti rexistru, el rendimientu a edá constante, ye malo de sustituyir por otru pa comprobar la evolución d'una explotación. Nun pue usase empara d'él, por exemplu, el preciu de les canales que'efeutivamente se viendan; por tres razones: (1) non tolos animales se sacrifiquen, (2) non tolos sacrificios se faen exautamente a la mesma edá y (3) el preciu camuda acordies cola demanda del mercáu y, por supuestu, cola edá de los animales.

La segunda cuestión no que cinca a la seleición consiste en determinar los carauteres, apre-

criteriu d'espertos y depreniendo una fórmula que xeneralice'l so criteriu. Y en segundu llugar, utilizando los precios y pesos de les canales al sacrificar los animales de la RAV paa depender otra manera d'estimar una calificación.

Resulta sumamente interesante la comparanza ente los dos criterios. Veremos qu'esencialmente coinciden, lo que fala mui bien de los espertos y tamién de los métodos d'Intelixencia Artificial qu'emplegamos pa depender les fórmules de calificación.

Nes dos formes d'abordar la calificación hai, amás del resultáu final, una importante coincidencia: el métodu emplegáu ye'l Deprendizax Automáticu. Queremos que seya un algoritmu'l

**Una manera de calificar el ganáu ye depender una fórmula col criteriu de los espertos; otra ye sacala de los precios y pesos de les canales de los animales sacrificaos: les dos emplequen el Deprendizax Automáticu**

ciables en vivo, de los animales que s'usarán pa seleccionar y que llueu habrá contrastase coles variaciones del rendimientu (valor de les canales a edá constante).

**DALGUNOS RESULTAOS OBTENÍOS**

Como yá comentamos anteriormente, entendemos la calificación de los animales de la RAV como una estimación del so valor a una edá constante. Afitamos un añu porque ye al rodiu d'esta edá cuando se comercialicen les canales d'esta triba.

Agora veremos dos maneres d'abordar esta calificación. En primer llugar, basándonos nel

que busque funciones que, dada la descripción d'un animal, estimen el so valor. La busca fadráse dende los datos d'amuesa que-y forneciéremos. Dicimos entós qu'esti algoritmu *deprendió* a facer un llabor, nesti casu a calificar animales de la RAV.

Cuando lo que depriende ye una máquina, les lleiciones sedrán los datos o exemplos d'entrenamientu: amueses de cómo queremos que se califiquen los animales.

Primero d'entrar na esposición de los resultaos de los métodos de calificación, na seición que vien darréu, vamos presentar les midíes zoométriques qu'usamos pa carauterizar los animales.

**DESCRIPCIÓN NUMBÉRICA D'UN ANIMAL DE LA RAV**

El determinar qué midíes de los animales son les verdaderamente útiles pa calificalos ye un pasu sumamente importante. Al ver estos animales puen ocurríenos munches midíes pa retener la so morfoloxía. N'efeutu, si entrugamos a los espertos, respuéndennos con una enorme llista de carauteres que camienten que tienen en cuenta pa les sos apreciaciones. En realidá, lo que consideren de cada animal ye una visión de conxuntu que son quien a captar con namái una güeyada y que'l so cerebru procesa pa dar un valor. Cuando lo que queremos ye que un algoritmu simule esi procesamientu quiciabes los carauteres nun tengan de ser exautamente los que nos digan los espertos. Hemos peñerar los comentarios de los espertos.

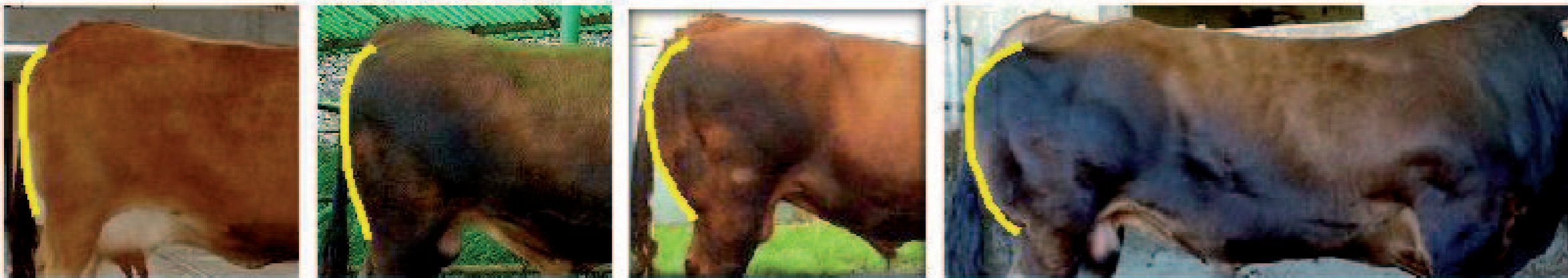
Nos nuestos trabayos identificamos que les midíes relevantes (magar que puea haber otres), tanto pa machos como pa femes son les que vienen darréu:

Alzada a la Cruz (AC), Llargor Cruz-Ilion (LCI), Llargor de la Grupa (LG), Anchor de los cadriles (AM) y Curvatura de la Nalga (CN) (Figures 3 y 4.1).



**IZQUIERDA**

Figura 3. Midíes de los animales usaes pa la obtención del sistema de calificación



#### ARRIBA

Figura 4. Exemplos d'animales de la RAV con valores de la Curvatura de la Nalga que van de 1 (esquierda.) hasta 4 (derecha).

Amás, ye necesario saber les feches de nacencia del animal y cuando se tomaron les midies; y por supuestu'l sexu del animal.

Los llargores mídense en centímetros, pero la curvatura de la nalga merez un capítulu aparte. Trátase de puntuar nuna escala (de 1 a 4) la *cularidá* de los animales. Na figura 4 vemos dalgunos exemplos paradigmáticos d'animales qu'ameriten caúna de les notes posibles.

#### I. Calificación per parte d'espertos

Entamamos pidiendo a los espertos d'ASEAVA que valoraren los animales nuna escala de 0 a 100 puntos. Lueu trataríamos de xeneralizar eses valoraciones con una función deprendida usando dalgún algoritmu de regresión. El problema surdió al comprobar qu'estes valoraciones yeren enforma discrepantes en bien de casos. Llegamos entós a la conclusión de que la información deprendida d'esta manera nun diba ser fiable.

Sicasí, la participación nes sesiones de toma

de datos colos calificadores d'ASEAVA fixo posible observar que yera perfreqüente que se punxeren d'acuerdu en qué animal yera meyor o peor en cada grupu qu'observaben, independientemente de que les valoraciones de los espertos foren estremaes. Dicho d'otra forma, los espertos yeren quien a facer ordenaciones de grupos d'animales, indicando les sos preferencies sobre cuáles yeren meyores y cuáles peores. Y los espertos coincidíen nestes ordenaciones.

Por esta razón, decidimos utilizar un sistema de deprendizax que se fixere a la mena de conciencia que los espertos del problema nos podíen proporcionar. Esti nuevu sistema de deprendizax tenía que trabayar a partir d'ordenaciones de grupos d'aproximadamente cinco animales, feches polos espertos, xunto cola información zoométrica de les carauterístiques morfolóxicas de los animales.

Con esta téunica llogramos fórmules de calificación fiables pa vaques y gües de la RAV; pero

son fórmules que nun tienen en cuenta la edá de los animales. Por tanto, nun podíen usase como un elementu de seleición, yá que nun dexen establecer comparances ente animales a nun ser que tengan la mesma edá. Pa igualo tuvimos que desendolcar mecanismos capaces d'estimar el valor d'esos fórmules a una edá determinada pa tolos animales: un añu, como yá indicamos.

#### II. Deprendiendo a calificar utilizando datos de mercáu

Darréu d'ello buscamos sustituyir los xuicios de preferencies de los espertos por criterios algebraos directamente del mercáu: los datos de les canales al sacrificiu de los animales de la RAV. Les fórmules llograes d'esta manera han simular el preciu que se pagaría por un animal si se sacrificare a un añu d'edá. La estimación valdrá de calificación, yá que la función que deprendemos tien que dar un valor mayor a los animales más valoraos pol mercáu.

Ente esti mou de deprender a calificar y el qu'obteníamos a partir de les preferencies de los espertos hai dalgunas diferencies fundamentales dende'l puntu de vista computacional. La representación y manexu de les estimaciones de los espertos llevónos a utilizar un tipu de deprendizax non estándar como ye'l Deprendizax de Preferencies.

Cuando deprendemos del mercáu, per una parte, hai una clas a deprender fiable: el preciu pagáu. Per otra, hai qu'involucrar directamente a la variable tiempu nel procesu. Los datos de los que tendremos que deprender van referise a midies d'animales sobre los que se fixo un siguiemientu a lo llargo de dellos meses. Frecuentemente, los animales mídense en delles ocasiones y esperóse a tener datos sobre les canales d'esos mesmos animales. Too ello supón un meticolosu y pesáu llabor de recoyida de datos. Pero tamién se tuvo que representar la variable tiempu acionadamente p'axuntar toles pieces.

Volviendo a les canales, el preciu p'animales de la RAV ta afitáu por PRODYCAR (asociación encargada de xestionar la marca XATA ROXA) en función de la demanda del mercáu; pero siempre se calcula en función de tres factores: la conformación, el pesu y el sexu.

La conformación de la canal ye una calificación de les canales atendiendo a la proporción y cantidá de músculo de calidá de les canales. Les conformaciones posibles formen una escala ordinal d'unos pocos valores. Na Xunión Europea (XE) estes calificaciones pa les canales de ganáu bovino tán regulaes.

### COMPARANCES

Resulta significativu que les calificaciones llograes per aci de los dos métodos descritos nos apartaos anteriores dean esencialmente los mesmos resultaos. Pa comprobalo calificamos a un númberu significativu d'animales por entrambos métodos y comprobamos el paeciu de los valores que se llogren. La manera habitual de comparar dos llistes ordenaes ye calcular la probabilidad de que coincidan los órdenes relativos d'un par d'animales nes llistes. Esta probabilidad conozse poles sigles AUC (del inglés *Area Under the Curve*).

La tabla 1 amuesa que l'AUC ta per enriba de 0,85. Ye decir, qu'hai una gran coincidencia ente lo que los espertos consideren la calidá como productor de carne d'un animal de la RAV y lo que'l mercáu colos sos precios establez como valor de les canales a la edá d'un añu.

	Númberu de casos	AUC
Machos y femes	390	0.8561
Namás machos	307	0.8604

#### ARRIBA

Tabla 1. Coherencia ente les calificaciones establecíes a partir de les preferencies d'espertos y a partir de los precios de les canales al añu.

Hai una gran coincidencia ente lo que los espertos consideren la calidá como productor de carne d'un animal de la RAV y lo que'l mercáu, colos sos precios, establez como valor de les canales a la edá d'un añu

### CONCLUSIONES

Nesti artículu presentóse la calificación de ganáu vacuno d'aptitú cárnica de la RAV como un preséu que fai posible comparar distintos animales con fines de seleición o de rentabilidad. Esta calificación establecióse como la estimación del valor de la canal a la edá de 1 añu y comprobóse que, esencialmente, coincide col criteriu de calidá que los espertos d'ASEAVA manexa.

El procedimientu computacional desondolcáu pa establecer la calificación inclúi la estimación del valor n'euros de la canal de cada animal a cualesquier edá a partir d'un conxuntu de midíes. Por tanto, amás d'un valor de seleición, el trabayu fechu tien una utilidá inmediata nes esplotaciones ganaderes.

Les estimaciones fáense usando téuniques de Deprendizax Automáticu qu'inclúin Deprendizax de Preferencies y Regresiones. Los algoritmos usaos son, en tolos casos, variaciones de los algoritmos llamaos *Máquines de Vectores Soporte* conocíos poles sos sigles n'inglés *SVM* (*Support Vector Machines*).

## Referencias bibliográficas

ALONSO, J., BAHAMONDE, A., VILLA, A. & A.R. CASTAÑÓN (2007).- *Morphological assessment of beef cattle according to carcass value. Livestock Science*, 107: 265-273.

ALONSO, J., DEL COZ, J. J., DÍEZ, J., LUACES, O. & A. BAHAMONDE (2008).- *Learning to predict one or more ranks in ordinal regression tasks*. In W. DAELEMANS, B. GOETHALS, K. MORIK, editors, *Proceedings of the European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD 2008)*, LNAI 5211, Springer-Verlag: 39-54.

ALONSO, J. (2009). *Aprendizaje de funciones capaces de evaluar preferencias aplicado a la valoración de la aptitud cárnica de bovinos de la raza Asturiana de los Valles*. Tesis Doctoral. Departamentu d'Informática, Universidá d'Uviéu.

ALONSO, J., RODRÍGUEZ CASTAÑÓN, A. & A. BAHAMONDE (2013).- *Support Vector Regression to predict carcass weight in beef cattle in advance of the slaughter. Computers and Electronics in Agriculture* 91: 116-120.

ALONSO, J., VILLA, A. & ANTONIO BAHAMONDE (2015).- *Improved estimation of bovine weight trajectories using Support Vector Machine classification. Computers and Electronics in Agriculture* 110 36-41.

ÁLVAREZ SEVILLA, A. (2001). *Les Races Autóctones del Principáu d'Asturies*. Fundación Belenos, Uviéu.

— (2012). *Siete races, un país: (II) La vaca Roxa (Carreña y Casina)*. *Ciencias* 2.

BAHAMONDE, A., BAYÓN, G. F., DÍEZ, J., QUEVEDO, J. R., LUACES, O., DEL COZ, J. J., ALONSO, J. & F. GOYACHE (2004).- *Feature subset selection for learning preferences: a case study. Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning, ICML 2004*, Banff, Canada: 49-56.

BEJA-PEREIRA, A., CARAMELLI, D., LALUEZA-FOX, C., VERNESI, C., FERRAND, N., CASOLI, A., GOYACHE, F., ROYO, L.J., CONTI, S., LARI, M. ET ALII (2006).- *The origin of European cattle: Evidence from modern and ancient DNA. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 103(21): 8113-8118.

CIMA, M. (1986).- *Biotipología de las Razas Bovinas Asturiana de los Valles y Asturiana de la Montaña*. Consejería d'Agricultura y Pesca. Principáu d'Asturies.

DEL COZ, J. J., BAYÓN, G. F., DÍEZ, J., LUACES, O., BAHAMONDE, A. & C. SAÑUDO (2004).- *Trait selection for assessing beef meat quality using non-linear SVM. Advances in Neural Information Processing Systems 17, Proceedings NIPS'04*, Cambridge, MA, MIT Press: 321-328.

DÍEZ, J., BAHAMONDE, A., ALONSO, J., LÓPEZ, S., DEL COZ, J. J., QUEVEDO, J. R., RANILLA, J., LUACES, O., ÁLVAREZ, I., ROYO, L. J. & F. GOYACHE (2003).- *Artificial Intelligence techniques point out differences in classification performance between light and standard bovine carcasses. Meat Science*, 64: 249-258

DÍEZ, J., DEL COZ, J. J., SAÑUDO, C., ALBERTÍ, P. & A. BAHAMONDE (2005).- *A kernel based method for discovering market segments in beef meat. Proceedings of the 16th European Conference on Machine Learning - 9th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases, ECML/PKDD'2005, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer Verlag: 462-469.

DÍEZ, J., ALBERTI, P., RIPOLL, G., LAHOZ, F., FERNÁNDEZ, I., OLLETA, J. L., PANEA, B., SAÑUDO, C., BAHAMONDE, A. & F. GOYACHE (2006).- *Using machine learning procedures to ascertain the influence of beef carcass profiles on carcass conformation scores. Meat Science* 73: 109-115.

GOYACHE, F., DEL COZ, J. J., QUEVEDO, J. R., LÓPEZ, S., ALONSO, J., RANILLA, J., LUACES, O., ALVAREZ, I. & A. BAHAMONDE (2001).- *Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle. Animal Science* 73: 49-60.

INTERNATIONAL COMMITTEE FOR ANIMAL RECORDING (2005).- *International Agreement of Recording Practices*. <http://www.icar.org>.

KOCH, R.M., CUNDIFF, L.V., GREGORY, K.E. & L.D. VAN VLECK (2004).- *Genetic Response to Selection for Weaning Weight Or Yearling Weight Or Yearling Weight and Muscle Score in Hereford Cattle: Efficiency of Gain, Growth, and Carcass Characteristics. Journal of Animal Science* 82:668-682.

LUACES, O., BAYÓN, G. F., QUEVEDO, J. R., DÍEZ, J., DEL COZ, J. J. & A. BAHAMONDE (2004).- *Analyzing sensory data using non-linear preference learning with feature subset-selection. Proceedings of the 15th European Conference on Machine Learning, ECML 2004*, Pisa (Italia): 286-297.

NEPHAWE, K.A., CUNDIFF, L.V., DIKEMAN, M.E., CROUSE, J.D. & L.D. VAN VLECK (2004).- *Genetic Relationships Between Sex-Specific Traits in Beef Cattle: Mature Weight, Weight Adjusted for Body Condition Score, Height and Body Condition Score, Height and Body Condition Score Measurement of Cows and Carcass Traits of Their Steer Relatives. Journal of Animal Science* 82:647-653.