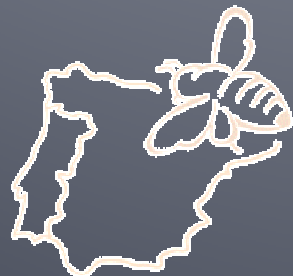


APLICACIÓN DE REDES NEURONALES EN LA DETERMINACIÓN DE ORIGEN BOTÁNICO DE MIEL A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Carla Iglesias, Ofelia Anjos, Javier Martínez, Fátima Peres,
Ángela García, Javier Taboada

CARLA IGLESIAS COMESAÑA

Universidade de Vigo (España)



III Congreso Ibérico de Apicultura
Mirandela, 14 de abril de 2014



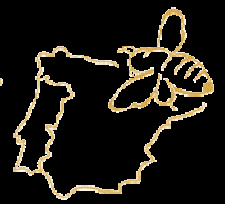
- Introducción
- Materiales y métodos
 - Base de datos
 - Redes neuronales
- Resultados
- Conclusiones



Foto: SCX. HU

INTRODUCCIÓN

II Congreso Ibérico
de Apicultura
13-15 Abril 2014



- Miel: savia de plantas + enzimas gástricas de las abejas.
- Composición:
 - Región
 - Estación
 - Fuente del néctar
 - Especie de abeja
 - ...
- Codex Alimentarius:



Humedad

Azúcares

Sólidos
insolubles
en agua

Acidez
libre

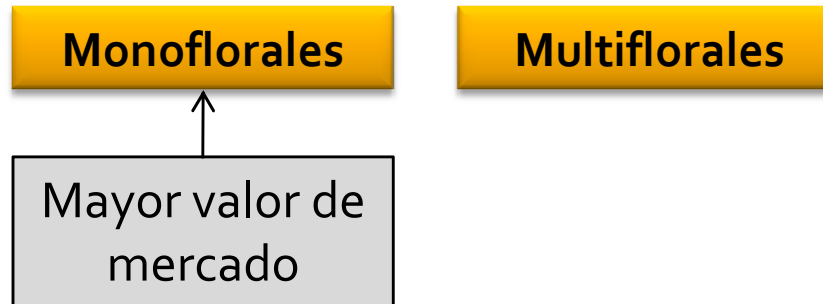
Actividad
de la
diastasa

Hidroxi-
metil-
furfural

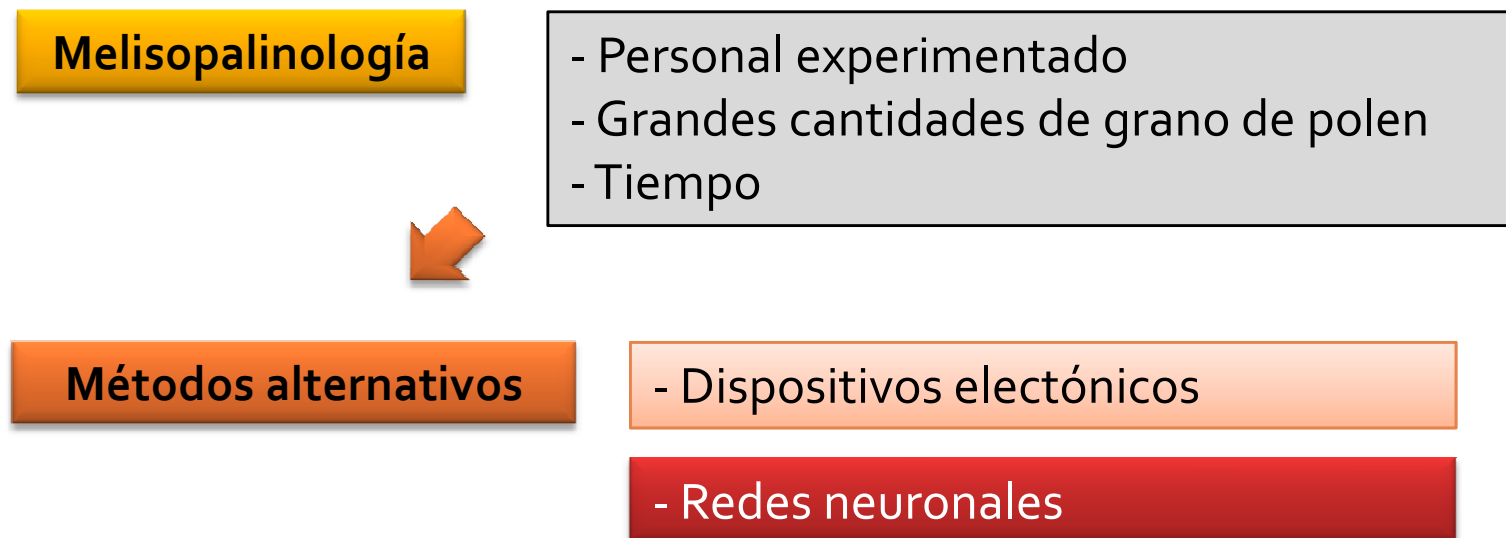
Conduct.
eléctrica



■ Tipos de miel de flores:



■ Determinación del origen botánico de la miel:





■ Base de datos:

Id		Origen botánico	Nº muestras
A	Algarroba	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	4
Am	Almendro	<i>Prunus dulcis</i> (Miller) DA Webb	1
Az	Encino	<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	1
C	Castaño	<i>Castanea sativa</i> Mill	1
E	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	5
L	Naranja	<i>Citrus</i> spp.	7
LV	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1
R	Lavanda	<i>Lavandula</i> spp.	12
Md	Madroño	<i>Arbutus unedo</i> L.	1
T	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i> L.	1
TR	Tomillo y lavanda	<i>Thymus vulgaris</i> L. y <i>Lavandula</i> spp.	1
U	Brezo	<i>Erica</i> spp.	7
G	Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	1
N	Multifloral	-	6

14 clases

49
muestras

Mieles comerciales de España y Portugal



■ Base de datos:



- Conservadas a 12°C en una habitación oscura.
- Preparación: método de la acetólisis (Erdtman, 1960)

1. Confirmación del origen botánico indicado en la etiqueta comercial.
2. Análisis físico-químicos.
 - ✓ De cada muestra, 3 medidas.

Acidez
libre

Conduct.
eléctrica

Cont. en
humedad

Actividad
del agua

Cont. en
cenizas

Cont. en
fenoles
totales

Color
CIELab



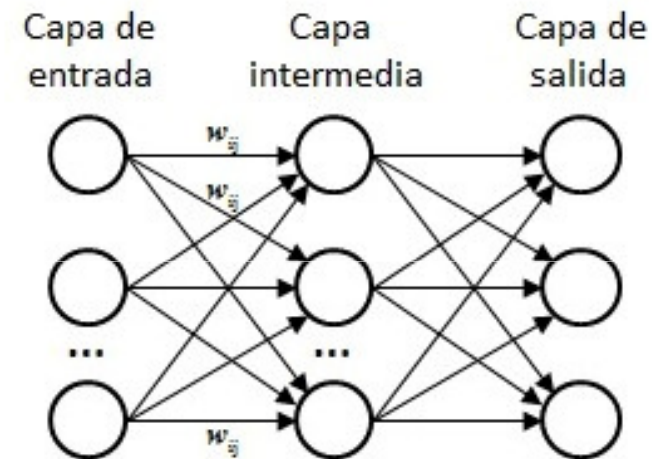
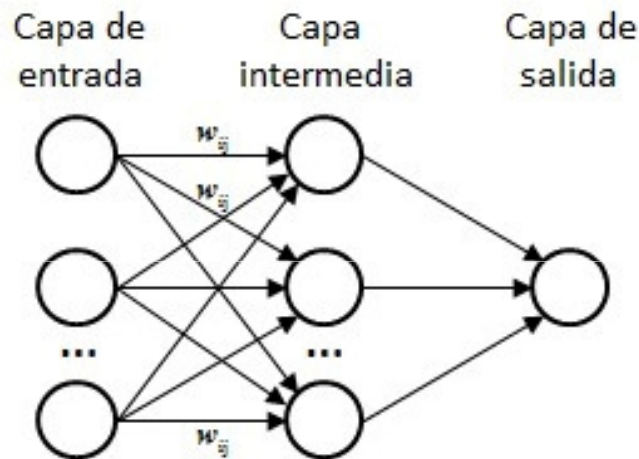
■ Base de datos:

Id		Origen botánico	Nº muestras	Nº medidas
A	Algarroba	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	4	12
Am	Almendro	<i>Prunus dulcis</i> (Miller) DA Webb	1	3
Az	Encino	<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	1	3
C	Castaño	<i>Castanea sativa</i> Mill	1	3
E	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	5	15
L	Naranja	<i>Citrus</i> spp.	7	21
LV	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1	3
R	Lavanda	<i>Lavandula</i> spp.	12	36
Md	Madroño	<i>Arbutus unedo</i> L.	1	3
T	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i> L.	1	3
TR	Tomillo y lavanda	<i>Thymus vulgaris</i> L. y <i>Lavandula</i> spp.	1	3
U	Brezo	<i>Erica</i> spp.	7	21
G	Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	1	3
N	Multifloral	-	6	18
Total			49	147



■ Redes neuronales:

- Grupo interconectado de neuronas artificiales que procesan información con un enfoque computacional.
- Multilayer perceptron (MLP): caso particular con estructura por capas, cada neurona es un perceptrón.

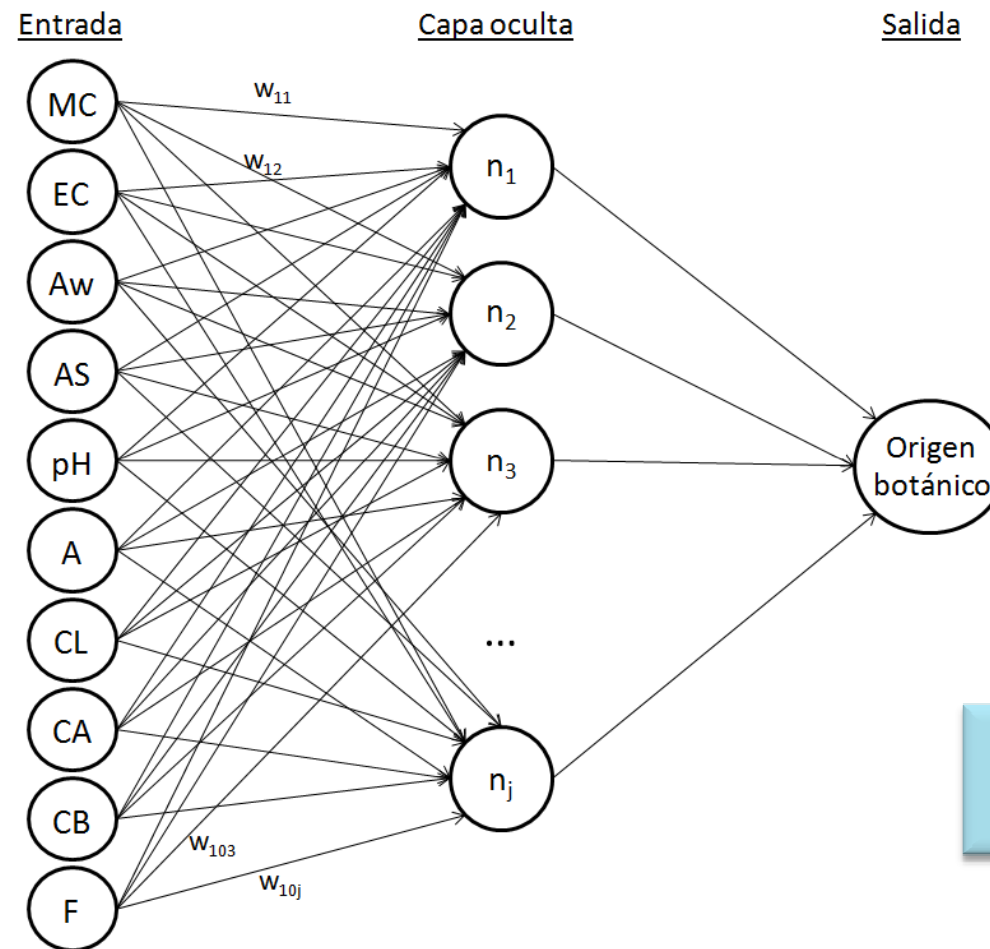


$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^p \phi_j(c_j \psi(\mathbf{w}_j^T \mathbf{x} + \mathbf{w}_0) + c_0)$$



- Redes neuronales entrenadas:
 - Output: tipo de miel (origen botánico).
 - Input: diferentes variables físico-químicas.

Problema de
clasificación



Red neuronal
Conf. 1

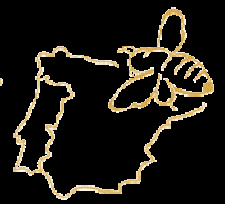


■ Redes neuronales entrenadas:

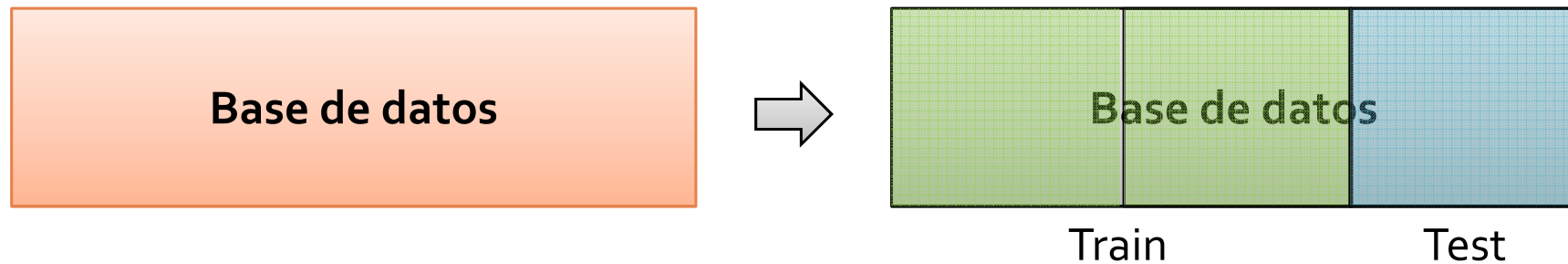
¿Variables de entrada?

Análisis de los valores de los parámetros medidos

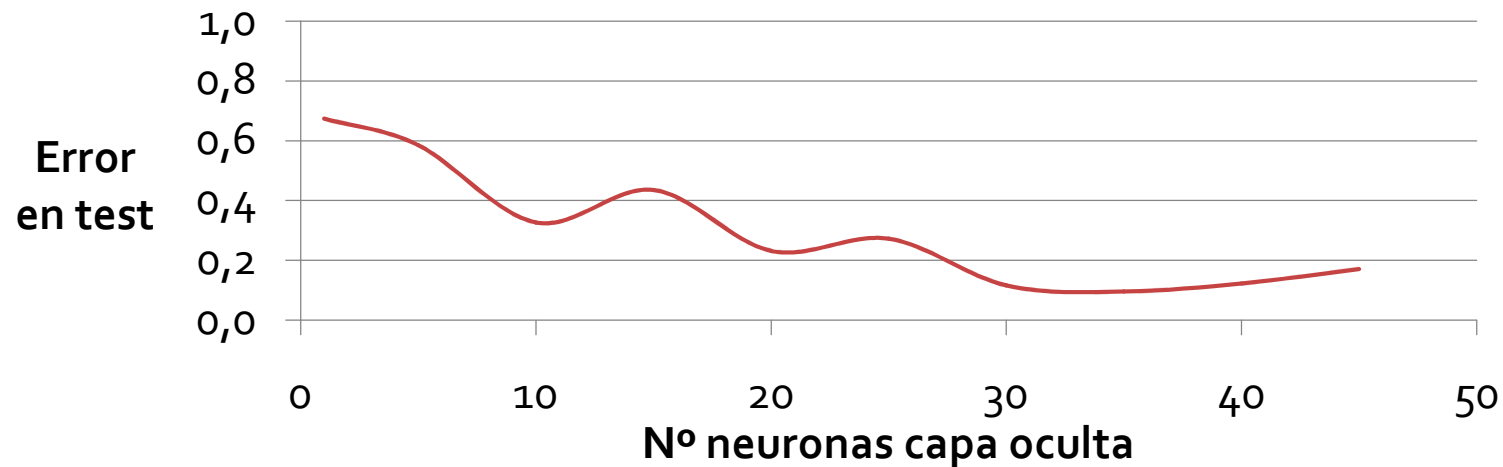
Clase de miel	Valor medio									
	MC	EC	Aw	AS	pH	A	CL	CA	CB	F
A	18,6	644,9	0,588	0,261	3,7	27,35	34,51	3,3	1,73	42,55
Am	18,9	273,7	0,594	0,109	3,4	22,72	39,79	2,50	0,46	22,32
Az	17,9	1113,7	0,59	0,621	4,4	45,37	34,31	4,38	-3,40	81,03
C	17,2	640,3	0,562	0,304	3,9	33,58	36,83	5,17	-0,23	67,56
E	17,6	430,0	0,571	0,149	3,4	31,28	39,05	2,9	0,79	26,32
L	18,8	322,2	0,597	0,116	3,5	29,20	33,65	1,95	1,8	37,15
LV	17,2	237,0	0,565	0,071	3,2	25,72	36,90	3,18	-1,01	15,35
R	18,7	325,7	0,606	0,111	3,8	23,65	30,28	0,74	8,61	23,24
Md	19,5	863,3	0,662	0,493	4,2	33,13	24,94	2,23	5,57	44,48
T	18,2	407,7	0,591	0,174	4,1	23,77	38,64	3,31	1,63	84,31
TR	18,0	156,8	0,576	0,034	3,0	21,67	40,90	2,03	0,01	11,79
U	18,9	640,5	0,599	0,309	3,9	30,30	28,40	3,73	2,10	60,64
G	18,5	484,3	0,618	0,177	3,9	25,54	29,04	0,73	11,25	17,27
N	18,1	656,3	0,592	0,343	3,5	37,75	37,03	4,30	-1,52	53,19
Desv. Est. de las medias	0,68	263,78	0,03	0,17	0,39	6,58	4,81	1,30	3,98	24,32
Media global	18,47	479,41	0,59	0,21	3,69	29,06	33,36	2,57	2,99	39,36
%Variación	4%	55%	4%	81%	11%	23%	14%	51%	133%	62%



- Redes neuronales entrenadas:
 - Validación cruzada: k-fold=3.



- Número de neuronas.
- Tasa de error en test. Sobreajuste.





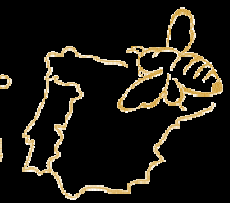
■ Redes neuronales entrenadas:

a)

Con todos los datos

K-fold=3

	MC	EC	Aw	AS	pH	A	CL	CA	CB	F
Conf. 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Conf. 2							x	x	x	
Conf. 3				x			x	x	x	
Conf. 4		x					x	x	x	
Conf. 5							x	x	x	x
Conf. 6					x		x	x	x	
Conf. 7		x		x			x	x	x	x
Conf. 8		x					x	x	x	x
Conf. 9		x						x	x	
Conf. 10		x						x	x	x
Conf. 11		x		x				x	x	
Conf. 12				x				x	x	
Conf. 13		x				x	x		x	x
Conf. 14		x		x				x	x	x



■ Redes neuronales entrenadas:

b)

Datos de miel con más
de 3 muestras

Mejores configuraciones

K-fold=6

K-fold=9

K-fold=12

Id	Origen botánico	Nº muestras	Nº medidas
A	Algarroba	4	12
Am	Almendro	1	3
Az	Encino	1	3
C	Castaño	1	3
E	Eucalipto	5	15
L	Naranja	7	21
LV	Romero	1	3
R	Lavanda	12	36
Md	Madroño	1	3
T	Tomillo	1	3
TR	Tomillo y lavanda	1	3
U	Brezo	7	21
G	Girasol	1	3
N	Multifloral	6	18
Total		41	123



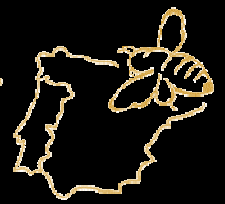
- Mejores resultados para cada configuración:

a)

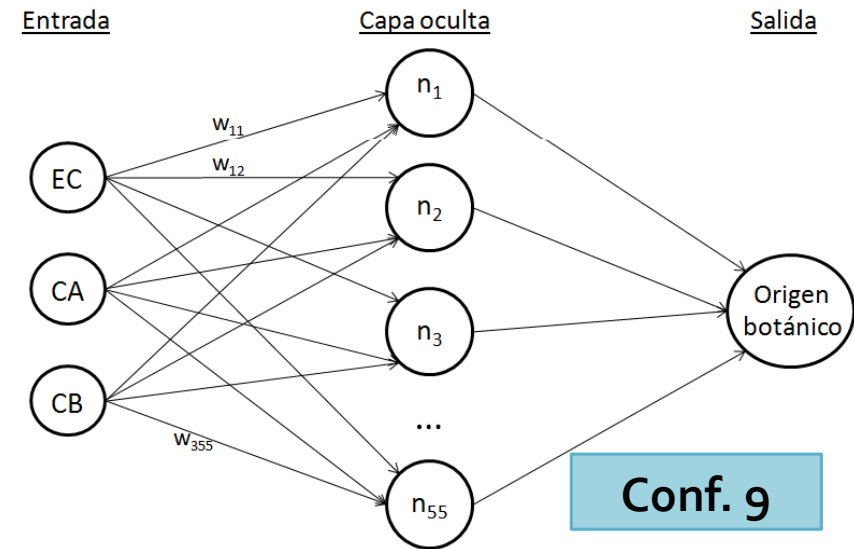
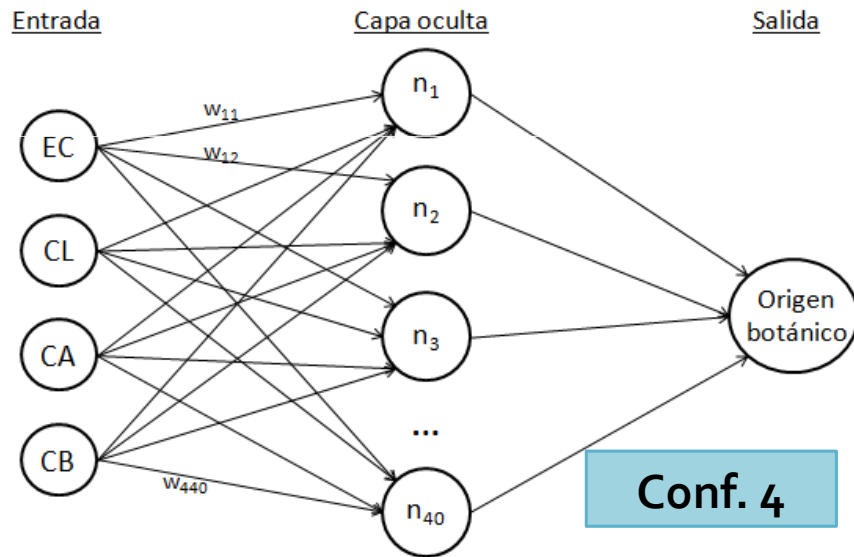
Con todos
los datos

K-fold=3

Configuración	Menor error rate en test	Neuronas capa oculta
Conf. 1	6%	50
Conf. 2	10%	30
Conf. 3	14%	25
Conf. 4	4%	40
Conf. 5	11%	25
Conf. 6	16%	30
Conf. 7	14%	25
Conf. 8	6%	40
Conf. 9	4%	55
Conf. 10	8%	55
Conf. 11	4%	30
Conf. 12	10%	35
Conf. 13	6%	35
Conf. 14	6%	25

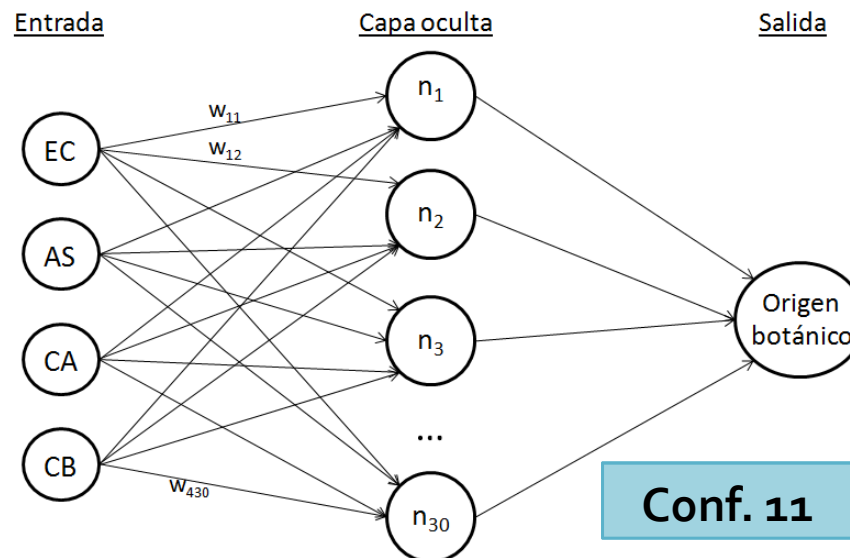


■ Mejores configuraciones:



a)

**Con todos
los datos**



**4% error en test
K-fold=3**

¿Mejorable?



- Mejores resultados para cada configuración:

b)

Datos de miel
con más
de 3 muestras

K-fold=6

K-fold=9

K-fold=12

Algarroba
Eucalipto

Naranja
Lavanda

Brezo
Multifloral

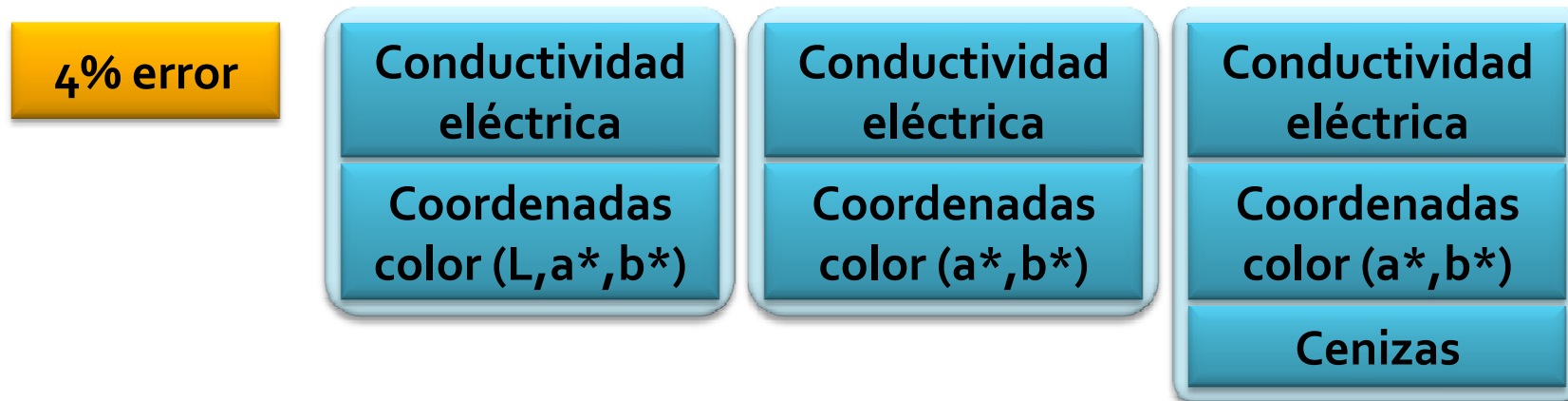
	k-fold	Menor error rate en test	Neuronas
Conf. 4	6	4%	25
	9	1.5%	25
	12	0%	25
Conf. 9	6	4%	35
	9	1.5%	20
	12	1%	30
Conf. 11	6	7%	25
	9	1.5%	20
	12	0%	20

CONCLUSIONES

II Congreso Ibérico
de Apicultura
13-15 Abril 2014



- Entrenamiento de redes neuronales con base de datos de 14 tipos de miel y 10 parámetros físico-químicos.
- Buenos resultados con la base de datos completa:



- Mejor predicción cuando los datos permiten aumentar el k-fold.
- **El origen botánico de la miel se puede conocer de forma rápida y objetiva con la conductividad eléctrica y la información del color con las redes neuronales entrenadas.**



APLICACIÓN DE REDES NEURONALES EN LA DETERMINACIÓN DE ORIGEN BOTÁNICO DE MIEL A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Carla Iglesias¹, Ofelia Anjos^{2,3}, Javier Martínez⁴, Fátima Peres², Ángela García¹,
Javier Taboada¹

¹Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad de Vigo, España

²Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Portugal

³Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal

⁴Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar, Spain

Gracias por su atención

Obrigada pela sua atenção

