



Universida_{de}Vigo

Facultad de Ciencias de Ourense
Departamento de Biología Vegetal
y Ciencias del Suelo

Origen botánico y composición nutricional de la miel producida en Galicia

Olga Escuredo Pérez

Opta a Mención de "Doctor Internacional"
Ourense, 2012

Universidade de Vigo

Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo

Origen botánico y
composición nutricional
de la miel producida
en Galicia

Olga Escuredo Pérez

Opta a mención de “Doctor Internacional”

Tesis Doctoral

Universidade de Vigo

María Carmen Seijo Coello, Profesora Titular de Universidad del Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo de la Universidad de Vigo y **María Isabel Iglesias Fernández**, Profesora Titular de Universidad del Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo de la Universidad de Vigo, como codirectoras de la Memoria de Tesis Doctoral presentada por **Olga Escuredo Pérez**, titulada: "*Origen botánico y composición nutricional de la miel producida en Galicia*", para aspirar al grado de Doctora con la mención de "Doctor Internacional",

INFORMAN:

Que la citada *Tesis Doctoral*, se ha realizado bajo nuestra dirección en la Facultad de Ciencias (UVIGO), utilizando la metodología adecuada y haciendo uso de las técnicas idóneas para cumplir los objetivos previstos, por lo que autorizamos su presentación para su exposición y defensa.

Y para que conste, se firma el presente **Informe** en Ourense, a 16 de marzo de 2012.

Dra. María Carmen Seijo Coello

Dra. María Isabel Iglesias Fernández

Agradecimientos

En primer lugar, expresar mi agradecimiento a mis directoras, la Dra. María Carmen Seijo Coello y la Dra. María Isabel Iglesias Fernández, profesoras del Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo del área de Botánica de la Universidad de Vigo, por su eficaz dirección, su continua disponibilidad, por las enseñanzas recibidas y sobre todo, por la enorme atención personal recibida durante todos estos años, que ha sido primordial para finalizar esta memoria.

A los profesores del Departamento, la Dra. María Victoria Jato Rodríguez y el Dr. F. Javier Rodríguez Rajo por sus consejos, palabras de ánimo y apoyo.

También quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Dra. Paula Cristina Branquinho Andrade, a la Dra. Patricia Valentao, al Dr. Luis Silva y a sus colaboradores del REQUIMTE/Laboratorio de Farmacología de la Universidad de Porto, por su implicación y dedicación durante mi estancia en Portugal.

Al Centro Agrario de Marchamalo, en especial a la Dra. Amelia González Porto, por su colaboración y enseñanza en el mundo de la miel.

Agradecer a los apicultores por tratar con tanto mimo la materia prima protagonista de esta Tesis. Al Consello Regulador de la Indicación Geográfica Protegida “Miel de Galicia”, y a los que forman parte de ella, en especial a Bea Ríos, Esther Ordoñez y María De Diego. Sin todos ellos este trabajo no sería posible.

Al Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la Universidad de Vigo por su colaboración en la elaboración de este trabajo, en especial a Carmen y a Cristina.

Una mención especial a todos los que día tras día me han aguantado y ayudado en el laboratorio. A Jose por su apoyo en mis inicios, a Shantal, Irina y Alberto por hacerme reír y haberme divertido tanto trabajando, y por esos cafés.

A Montse, que a pesar de ser doctora del Departamento de Química Analítica y Alimentaria, ha demostrado que forma parte de nuestro equipo. Somos muchos los que te queremos agradecer tanto esfuerzo y horas dedicadas, pero hoy me toca a mí, aunque no hay palabras que pueda agradecerte todo lo que has hecho, espero que tanto tu como Jero estéis ahí para siempre. Gracias a los dos por vuestro apoyo y realización de parte de esta Tesis.

Quiero agradecer a la persona que lleva años a mi lado, y que ha vivido muy de cerca cada paso de mi vida, tanto profesional como personal, a ti María, gracias por ayudarme. Espero que podamos seguir luchando juntas, y que las fuerzas no nos abandone, estará también David para empujarnos. Muchas gracias a los dos.

Por supuesto a mis “amiguiñas del Barco”, Laura, Maite, Sandra, Tami, Rena, Bea, Cris, Anita, al fin lo he conseguido, gracias por esas llamadas de ánimo, que cuando estaba desanimada, todas me levantabais, a pesar de la distancia que nos separa.

A todos los colegas de Piedrahita, que me habéis preguntado e interesado cada fin de semana, y que os he aburrido con mis temas, gracias por regalarme tantas risas.

A mi compañía, Edu, gracias por ser como eres, por apoyarme y ayudarme a que todo sea más fácil, y sobretodo gracias por tu paciencia.

A mi familia de Piedrahita, y de modo muy especial a Juan, M. Paz, Juanpa, Esther, Rober, Gema, Diego, Estela, por el apoyo continuo que me habéis demostrado, y por supuesto, a los peques de la casa, Jaime, Robertito y la que está en camino Vega. Gracias.

Por último, el agradecimiento más especial es para mi FAMILIA, vosotros me habéis dado lo que tengo y me habéis hecho como soy. A mis padres, a mi hermana y a mi cuñado Isidro, sin vuestra comprensión y apoyo esto no sería posible. Al “golondrín”, mi niño, que desde que estas con nosotros eres la alegría de la casa, y el que me carga de energía positiva para empezar y acabar con éxito cada tarea que realizo. Os quiero.

Parte de esta *Tesis Doctoral* fue elaborada a partir de los resultados obtenidos en el Proyecto de investigación FEADER 2008-5, financiado por la Consellería de Medio Rural y Marino, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino y FEADER.



ÍNDICE



INTRODUCCIÓN

1. LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN GALICIA.....	3
1.1. LA ACTIVIDAD APÍCOLA UNA TRADICIÓN DESDE LA PREHISTORIA.....	3
1.2. HISTORIA E IMPORTANCIA DE LA APICULTURA GALLEGA.....	4
1.3. VALOR DE LA MIEL Y VÍNCULO TERRITORIAL.....	7
2. ORIGEN BOTÁNICO DE LA MIEL.....	9
2.1. INTERÉS APÍCOLA DE LAS PLANTAS.....	11
2.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL VALOR APÍCOLA.....	12
2.1.1.1. FACTORES DE CARÁCTER INTRÍNSECO.....	12
2.1.1.2. FACTORES DE CARÁCTER EXTERNO.....	13
2.2. VEGETACIÓN DE GALICIA.....	16
2.2.1. REGIÓN EUROSIBERIANA.....	16
2.2.2. REGIÓN MEDITERRÁNEA.....	19
2.3. FLORA DE INTERÉS APÍCOLA EN GALICIA.....	21
3. MIELES DE GALICIA: ESTUDIOS MÁS RELEVANTES.....	26
4. LA MIEL COMO ALIMENTO.....	28
4.1. CALIDAD Y FRESCURA DE LA MIEL.....	28
4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MIEL	31
4.2.1. AGUA.....	32
4.2.2. CARBOHIDRATOS.....	33
4.2.3. ÁCIDOS.....	33
4.2.4. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS.....	34
4.2.5. LÍPIDOS.....	34
4.2.6. SALES MINERALES.....	35
4.2.7. VITAMINAS.....	35
4.2.8. COMPUESTOS FITOQUÍMICOS.....	35
4.3. PROPIEDADES SALUDABLES DE LA MIEL.....	36
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS... ..	41

MATERIAL Y MÉTODOS

1. RECOGIDA DE MUESTRAS.....	45
2. METODOLOGÍA.....	51
2.1. ANÁLISIS MICROSCÓPICO.....	51
2.1.1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO.....	51
2.1.1.1. ANÁLISIS CUALITATIVO.....	51
2.1.1.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	53
2.1.2. ELEMENTOS FÚNGICOS.....	55
2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	57
2.2.1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.....	57
2.2.2. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	58
2.2.3. pH.....	59
2.2.4. DETERMINACIÓN DE HIDROXIMETILFURFURAL.....	60
2.2.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ENZIMÁTICO.....	61
2.2.5.1. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DIASTÁSICA....	61
2.2.5.2. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVERTASA.....	65
2.2.6. DETERMINACIÓN DEL COLOR.....	67
2.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	68
2.3.1. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES.....	68
2.3.2. DETERMINACIÓN DE MINERALES.....	73
2.3.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS.....	74
2.3.4. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS.....	76
2.3.5. DETERMINACIÓN DEL VALOR CALÓRICO.....	77
2.4. ESTUDIO DE COMPUESTOS SALUDABLES EN LA MIEL.....	78
2.4.1. CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES.....	78
2.4.2. CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES	80
2.4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE OXIDACIÓN.....	81
2.4.4. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	82
3. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	85
3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA.....	85

3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	86
3.3. ANÁLISIS MULTIVARIANTE.....	86
3.3.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	86
3.3.2. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.....	87
RESULTADOS	
1. ANÁLISIS MICROSCÓPICO.....	91
1.1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO.....	91
1.1.1. TIPOS POLÍNICOS IDENTIFICADOS.....	91
1.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO.....	94
1.1.2.1. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS POLÍNICOS: <i>Castanea sativa</i> , <i>Eucalyptus</i> y <i>Rubus</i>	106
1.1.2.2. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LOS TIPOS POLÍNICOS DE IMPORTANCIA: <i>Erica</i> y tipo <i>Cytisus</i>	110
1.1.2.3. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE OTROS TIPOS POLÍNICOS DE MENOR IMPORTANCIA.....	113
1.1.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	117
1.1.3.1. REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO POLÍNICO SEGÚN LAS CLASES DE MAURIZIO.....	120
1.2. ESTUDIO DE OTROS ELEMENTOS MICROSCÓPICOS.....	122
1.2.1. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS ELEMENTOS FÚNGICOS.....	123
1.2.2. LA LEVADURA <i>Metschnikowia</i>	126
1.2.3. ELEMENTOS FÚNGICOS FRECUENTES.....	129
1.2.4. OTROS ELEMENTOS FÚNGICOS DE INTERÉS.....	133
2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.....	137
2.1. HUMEDAD.....	137
2.2. pH.....	140
2.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	143
2.4. HIDROXIMETILFURFURAL.....	146
2.5. CONTENIDO ENZIMÁTICO.....	150
2.5.1. DIASTASA.....	150

2.5.2. INVERTASA.....	153
2.6. COLOR.....	156
3. ANÁLISIS NUTRICIONAL.....	159
3.1. AZÚCARES.....	159
3.1.1. AZÚCARES MAYORITARIOS: FRUCTOSA Y GLUCOSA.....	159
3.1.2. AZÚCARES MINORITARIOS: MALTOSA, SACAROSA, TREHALOSA Y MELECITOSA.....	163
3.2. MINERALES.....	170
3.3. PROTEÍNAS.....	180
3.4. LÍPIDOS.....	183
3.5. VALOR CALÓRICO.....	186
4. COMPUESTOS SALUDABLES DE LA MIEL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE..	189
4.1. POLIFENOLES.....	189
4.2. FLAVONOIDES.....	192
4.3. ÍNDICE DE OXIDACIÓN.....	196
4.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	198
4.4.1. ACTIVIDAD ANTIRRADICAL (RSA).....	198
4.4.2. ACTIVIDAD ANTIRRADICAL (IC ₅₀).....	201

DISCUSIÓN

1. CARACTERÍSTICAS PALINOLÓGICAS Y DIVERSIDAD FÚNGICA EN LA MIEL.....	207
2. CALIDAD DE LA MIEL Y CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS.....	212
3. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES.....	217
4. COMPUESTOS SALUDABLES DE LA MIEL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE..	224
5. ANÁLISIS MULTIVARIANTE PARA LA TIPIFICACIÓN DE LAS MIELES GALLEGAS.....	227
5.1. CARACTERIZACIÓN DE CADA GRUPO DE MUESTRAS.....	236
5.1.1. GRUPO 1.....	237
5.1.2. GRUPO 2.....	240
5.1.3. GRUPO 3.....	241
5.1.4. GRUPO 4.....	242

5.1.5. GRUPO 5.....	243
5.1.6. GRUPO 6.....	244
5.1.7. DIFERENCIACIÓN DE LAS MIELES ESTUDIADAS.....	246
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS MIELES MONOFLORES PRODUCIDAS EN GALICIA.....	249
5.2.1. MIELES MONOFLORES DE ZARZA.....	249
5.2.2. MIELES MONOFLORES DE CASTAÑO.....	254
5.2.3. MIELES MONOFLORES DE EUCALIPTO.....	259
5.2.4. MIELES DE MIELADA.....	263
5.2.5. MIELES MONOFLORES DE BREZO.....	268
CONCLUSIONES	275
BIBLIOGRAFÍA	281
ANEXOS	
1. RELACIÓN DE TAXONES CITADOS.....	319
2. RELACIÓN DE OTROS TAXONES CITADOS.....	326
CONCLUSIONS	331
ABSTRACT	337

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de colmenas y producción de miel de las cuatro provincias gallegas.....	7
Tabla 2.	Datos de más interés en relación al consumo de miel.....	8
Tabla 3.	Principales plantas de interés apícola en Galicia.....	22
Tabla 4.	Composición nutricional media de la miel.....	31
Tabla 5.	Número de muestras recogidas por año y por provincia.....	45
Tabla 6.	Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de A Coruña.....	47
Tabla 7.	Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Lugo.....	48
Tabla 8.	Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Ourense.....	49
Tabla 9.	Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Pontevedra.....	50
Tabla 10.	Clases de Maurizio para la riqueza polínica de la miel.....	55
Tabla 11.	Relación entre el índice de refracción (IR) y el contenido de agua de la miel.....	58
Tabla 12.	Tiempo estimado para que la muestra presente una absorbancia menor de 0.235 nm.....	64
Tabla 13.	Escala (mm Pfund) establecida por la USDA para la medida del color de la miel.....	68
Tabla 14.	Características analíticas de las curvas de calibración y límites de detección para el análisis de azúcares con <i>Dionex ICS-3000</i>	70
Tabla 15.	Características de la columna <i>CarboPac PA1</i>	72
Tabla 16.	Condiciones utilizadas para la separación y detección de azúcares.....	73
Tabla 17.	Números de Atwater para el cálculo del valor calórico.....	78
Tabla 18.	Características de la recta de calibrado para fenoles.....	79
Tabla 19.	Características de la recta de calibrado para flavonoides.....	81
Tabla 20.	Características de la recta de calibrado para el RSA (%).....	84
Tabla 21.	Familias y tipos polínicos identificados.....	93
Tabla 22.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia A Coruña.....	95

Tabla 23.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia A Coruña.....	96
Tabla 24.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Lugo.....	98
Tabla 25.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Lugo.....	99
Tabla 26.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Ourense.....	101
Tabla 27.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Ourense.....	102
Tabla 28.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Pontevedra.....	104
Tabla 29.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Pontevedra.....	105
Tabla 30.	Análisis descriptivo del contenido en polen (granos de polen/g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	119
Tabla 31.	Elementos fúngicos identificados.....	122
Tabla 32.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los elementos fúngicos identificados en las mieles de A Coruña y Lugo.....	124
Tabla 33.	Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los elementos fúngicos identificados en las mieles de Ourense y Pontevedra.....	125
Tabla 34.	Análisis descriptivo del porcentaje de humedad de las mieles de Galicia distribuidas por provincia y cosecha.....	137
Tabla 35.	Análisis descriptivo del porcentaje de humedad de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	139
Tabla 36.	Análisis descriptivo del pH de las mieles de Galicia.....	140
Tabla 37.	Análisis descriptivo del pH de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	142
Tabla 38.	Análisis descriptivo de la conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de Galicia.....	143

Tabla 39.	Análisis descriptivo de la conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	145
Tabla 40.	Análisis descriptivo del hidroximetilfurfural (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	146
Tabla 41.	Análisis descriptivo del contenido en hidroximetilfurfural (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	149
Tabla 42.	Análisis descriptivo de la diastasa (ID) de las mieles de Galicia.....	150
Tabla 43.	Análisis descriptivo del contenido en diastasas (ID) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	152
Tabla 44.	Análisis descriptivo de la invertasa (IN) de las mieles de Galicia.....	153
Tabla 45.	Análisis descriptivo del contenido en invertasa (IN) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	155
Tabla 46.	Análisis descriptivo del color (mm Pfund) de las mieles de Galicia....	156
Tabla 47.	Análisis descriptivo del color (Pfund) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	158
Tabla 48.	Análisis descriptivo del contenido en azúcares totales (%) de las mieles de Galicia.....	159
Tabla 49.	Análisis descriptivo del contenido en azúcares mayoritarios (%) de las mieles de Galicia.....	161
Tabla 50.	Análisis descriptivo del contenido en fructosa y glucosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	163
Tabla 51.	Análisis descriptivo del contenido en azúcares minoritarios (%) de las mieles de Galicia.....	166
Tabla 52.	Análisis descriptivo del contenido en azúcares minoritarios (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	168
Tabla 53.	Análisis descriptivo del contenido en minerales totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	170
Tabla 54.	Análisis descriptivo del contenido de K, Ca, P y Mg (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	172
Tabla 55.	Análisis descriptivo del contenido en K y Ca (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	174
Tabla 56.	Análisis descriptivo del contenido en P y Mg (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	175
Tabla 57.	Análisis descriptivo del contenido de Na, Fe, Zn y Cu (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	177
Tabla 58.	Análisis descriptivo del contenido en Na y Fe (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	178
Tabla 59.	Análisis descriptivo del contenido en Zn y Cu (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	179

Tabla 60.	Análisis descriptivo del contenido proteico (%) de las mieles de Galicia.....	180
Tabla 61.	Análisis descriptivo del contenido proteico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	182
Tabla 62.	Análisis descriptivo del contenido lipídico (%) de las mieles de Galicia.....	183
Tabla 63.	Análisis descriptivo del contenido lipídico de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	185
Tabla 64.	Análisis descriptivo del valor calórico (kcal/100g) de las mieles de Galicia.....	186
Tabla 65.	Análisis descriptivo del valor calórico (kcal/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	188
Tabla 66.	Análisis descriptivo del contenido en polifenoles totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	189
Tabla 67.	Análisis descriptivo del contenido en polifenoles (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	191
Tabla 68.	Análisis descriptivo del contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.....	192
Tabla 69.	Análisis descriptivo del contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha..	195
Tabla 70.	Análisis descriptivo del índice de oxidación (s) de las mieles de Galicia.....	196
Tabla 71.	Análisis descriptivo del índice de oxidación (s) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	198
Tabla 72.	Análisis descriptivo del RSA (%) de las mieles de Galicia.....	199
Tabla 73.	Análisis descriptivo de RSA (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	201
Tabla 74.	Análisis descriptivo del IC ₅₀ (mg/ml) de las mieles de Galicia.....	202
Tabla 75.	Análisis descriptivo del IC ₅₀ (mg/ml) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.....	204
Tabla 76.	Análisis de correlación de Spearman entre las variables palinológicas más importantes, <i>Metschnikowia</i> y HD.....	210
Tabla 77.	Análisis de correlación de Spearman entre las variables fisicoquímicas.....	215
Tabla 78.	Análisis de correlación de Spearman entre las variables nutricionales.....	223
Tabla 79.	Análisis de correlación de Spearman entre los componentes saludables de la miel y la capacidad antioxidante.....	226

Tabla 80.	Análisis de correlación de Spearman entre las variables fisicoquímicas, nutricionales, los compuestos saludables y los principales tipos polínicos.....	229
Tabla 81.	Valor propio, porcentaje de varianza y porcentaje de varianza acumulada para cada componente principal resultante tras el análisis.	231
Tabla 82.	Peso de los componentes principales mediante los factores de correlación de las variables activas.....	232
Tabla 83.	Resumen del análisis de conglomerados o clúster.....	235
Tabla 84.	Nomenclatura de los grupos establecidos por el clúster.....	236
Tabla 85.	Centroides de las variables de cada grupo establecido por el clúster....	237
Tabla 86.	Tipificación de las mieles gallegas analizadas.....	248
Tabla 87.	Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de zarza gallegas.....	253
Tabla 88.	Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de castaño gallegas.....	258
Tabla 89.	Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de eucalipto gallegas.....	262
Tabla 90.	Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles de mielada gallegas.....	267
Tabla 91.	Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de brezo gallegas.....	272

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pintura en la tumba de Rehmire en Tebas (Bajo Egipto).....	3
Figura 2.	Albariza en Murias de Rao (Navia de Suarna).....	4
Figura 3.	Trobo construido en tronco de cerezo (Lugo) (A). Cortizos de la Sierra del Xurés (Ourense) (B).....	5
Figura 4.	Trobos de madera recortada (Ourense).....	5
Figura 5.	Logotipo de la IGP Miel de Galicia.....	6
Figura 6.	Abejorro libando en flor de <i>Lamium</i>	10
Figura 7.	Abeja recogiendo mielatos sobre <i>Quercus pyrenaica</i>	11
Figura 8.	<i>Erica australis</i> en flor.....	14
Figura 9.	<i>Cistus psilosepalus</i>	15
Figura 10.	<i>Laurus nobilis</i> , un elemento representativo del sector.....	17
Figura 11.	Brezal con <i>Erica mackaiana</i>	18
Figura 12.	<i>Vaccinium myrtillus</i>	19
Figura 13.	<i>Arbutus unedo</i>	20
Figura 14.	<i>Castanea sativa</i> en flor.....	21
Figura 15.	<i>Eucalyptus globulus</i> en flor.....	23
Figura 16.	Matorral de <i>Erica australis</i>	23
Figura 17.	<i>Rubus ulmifolius</i> en flor.....	24
Figura 18.	Rango del número de mieles recogidas por comarca en Galicia.....	46
Figura 19.	Cromatograma de los azúcares identificados mediante <i>DIONEX ICS-3000 SP</i>	71
Figura 20.	Distribución de <i>Castanea sativa</i> , <i>Eucalyptus</i> y <i>Rubus</i> (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	107
Figura 21.	Diagrama de cajas para <i>Castanea sativa</i> , <i>Eucalyptus</i> y <i>Rubus</i> presentes en las mieles por provincia.....	108
Figura 22.	Diagrama de cajas para <i>Castanea sativa</i> , <i>Eucalyptus</i> y <i>Rubus</i> por año de cosecha.....	109
Figura 23.	Distribución de <i>Erica</i> y tipo <i>Cytisus</i> (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	111
Figura 24.	Diagrama de cajas para <i>Erica</i> y tipo <i>Cytisus</i> por provincia.....	112
Figura 25.	Diagrama de cajas para <i>Erica</i> y tipo <i>Cytisus</i> por año de cosecha.....	112

Figura 26.	Distribución de algunos tipos polínicos frecuentes (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	114
Figura 27.	Diagrama de cajas para el tipo <i>Trifolium</i> , <i>Echium</i> , <i>Quercus</i> , <i>Salix</i> y tipo <i>Conium maculatum</i> por provincia.....	115
Figura 28.	Diagrama de cajas para el tipo <i>Trifolium</i> , <i>Echium</i> , <i>Quercus</i> , <i>Salix</i> y tipo <i>Conium maculatum</i> por año de cosecha.....	116
Figura 29.	Contenido en granos de polen (granos de polen/g) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	118
Figura 30.	Porcentaje de muestras en cada clase de Maurizio según la provincia de procedencia.....	121
Figura 31.	Distribución de <i>Metschnikowia</i> (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	127
Figura 32.	Diagrama de cajas para <i>Metschnikowia</i> por provincia.....	128
Figura 33.	Diagrama de cajas para <i>Metschnikowia</i> por año de cosecha.....	128
Figura 34.	Distribución de elementos frecuentes (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	130
Figura 35.	Diagrama de cajas para <i>Cladosporium</i> , Myxomicetes y <i>Aspergillus/Penicillium</i> por provincia.....	131
Figura 36.	Diagrama de cajas para <i>Cladosporium</i> , Myxomicetes y <i>Aspergillus/Penicillium</i> por año de cosecha.....	132
Figura 37.	Distribución de otros elementos (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	134
Figura 38.	Diagrama de cajas para Urediniosporas, <i>Leptosphaeria</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Stemphylium</i> por provincia.....	135
Figura 39.	Diagrama de cajas para Urediniosporas, <i>Leptosphaeria</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Stemphylium</i> por año de cosecha.....	136
Figura 40.	Distribución del porcentaje de humedad de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	138
Figura 41.	pH de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	141
Figura 42.	Conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	144
Figura 43.	Contenido de hidroximetilfurfural (mg(100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	148
Figura 44.	Contenido en diastasas (ID) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	151
Figura 45.	Contenido en invertasa (IN) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	154
Figura 46.	Color (mm Pfund) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	157

Figura 47.	Contenido en fructosa y glucosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	160
Figura 48.	Contenido en maltosa, sacarosa, trehalosa y melecitosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	165
Figura 49.	Contenido en minerales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	171
Figura 50.	Contenido proteico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	181
Figura 51.	Contenido lipídico de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	184
Figura 52.	Valor calórico (kcal/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	187
Figura 53.	Contenido en polifenoles (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	190
Figura 54.	Contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	194
Figura 55.	Índice de oxidación (s) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	197
Figura 56.	Actividad antioxidante (RSA) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	200
Figura 57.	Actividad antioxidante (IC ₅₀) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.....	203
Figura 58.	Representación gráfica de los componentes principales.....	233
Figura 59.	Dendrograma con respecto a las 199 mieles analizadas.....	235
Figura 60.	Dendrograma del grupo 1.....	238
Figura 61.	Dendrograma del grupo 2.....	240
Figura 62.	Dendrograma del grupo 3.....	241
Figura 63.	Dendrograma del grupo 4.....	242
Figura 64.	Dendrograma del grupo 5.....	243
Figura 65.	Dendrograma del grupo 6.....	244
Figura 66.	Gráfico de componentes principales indicando la distribución de las muestras según los grupos del análisis de conglomerados.....	247
Figura 67.	Origen geográfico de las mieles monoflorales de zarza de Galicia...	249
Figura 68.	<i>Rubus ulmifolius</i> en flor, sedimento a microscopía óptica de miel de zarza y granos de polen de <i>Rubus</i>	249
Figura 69.	Tipos polínicos más importantes de las mieles de zarza.....	250
Figura 70.	Color de la miel de zarza de Galicia.....	250

Figura 71.	Origen geográfico de las mieles monoflorales de castaño en Galicia.....	254
Figura 72.	Castaño en flor, detalle de los amentos y grano de polen de <i>Castanea</i>	254
Figura 73.	Tipos polínicos más importantes de las mieles de castaño.....	255
Figura 74.	Color de la miel de castaño de Galicia.....	256
Figura 75.	Origen geográfico de las mieles monoflorales de eucalipto en Galicia.....	259
Figura 76.	<i>Eucalyptus globulus</i> en flor, <i>Metschnikowia</i> y grano de polen de <i>Eucalyptus</i>	259
Figura 77.	Tipos polínicos más importantes de las mieles de eucalipto.....	260
Figura 78.	Color de la miel de eucalipto de Galicia.....	260
Figura 79.	Origen geográfico de las mieles de mielada en Galicia.....	263
Figura 80.	Abejas recogiendo mielatos, <i>Alternaria</i> y Urediniosporas.....	263
Figura 81.	Tipos polínicos más importantes de las mieles de mielada.....	264
Figura 82.	Color de la miel de mielada de Galicia.....	264
Figura 83.	Origen geográfico de las mieles monoflorales de brezo en Galicia...	268
Figura 84.	<i>Erica umbellata</i> y <i>Erica cinerea</i> en flor, granos de polen.....	268
Figura 85.	Tipos polínicos más importantes de las mieles de brezo.....	269
Figura 86.	Color de la miel de brezo de Galicia.....	270

INTRODUCCIÓN



1. LA PRODUCCION DE MIEL EN GALICIA

1.1. LA ACTIVIDAD APÍCOLA UNA TRADICIÓN DESDE LA PREHISTORIA

Para el hombre primitivo la miel no sólo fue una importante fuente de alimentación, sino que además le atribuyó numerosos poderes mágicos. Por esto, las pinturas rupestres, en las que se reflejan escenas de la recolección de la miel por el hombre, tal vez sean el simple reflejo de algo habitual en sus vidas, aunque también es probable que hayan sido realizadas con el fin de atraer el favor de los dioses. En estas pinturas se pueden observar figuras humanas y algunas abejas, mostrando con gran realismo, la dificultad que entrañaba la recolección de los panales que las abejas silvestres construían en oquedades situadas en altas paredes rocosas (Root, 1984).

La abeja era el símbolo de la realeza en el Bajo Egipto, lo que se puede observar en una escena del papiro de Tebas, donde los métodos de cosecha parecen ser similares a los de la actualidad (Figura 1). En la biblia se encuentran también numerosas referencias a la miel (Garau-Salvá, 1990).

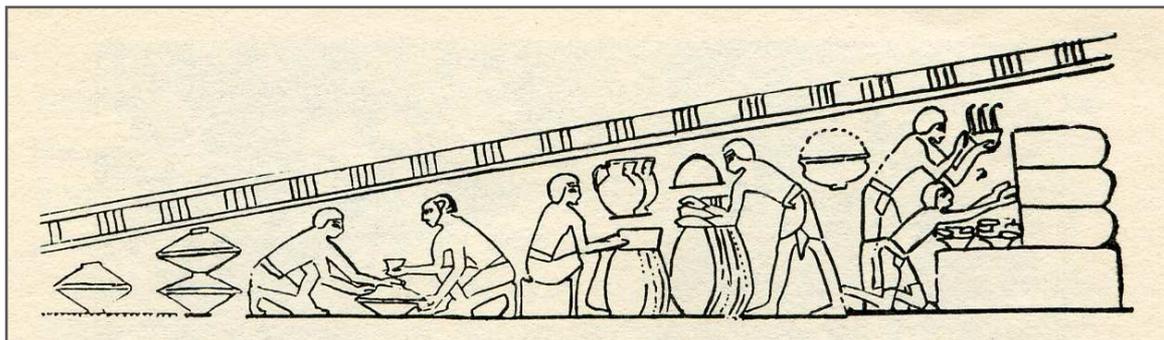


Figura 1. Pintura en la tumba de Rehmire, en Tebas (Bajo Egipto). Extraído de Crane, 1980.

Los romanos son los responsables de la expansión de la apicultura en el mediterráneo, pero es a partir de la dominación árabe cuando se encuentran referencias, que llegan de forma casi ininterrumpida hasta nuestros días, resaltando la importancia de la apicultura en España. Los árabes, como la mayoría de los pueblos orientales, hicieron amplio uso de la miel, siendo muy frecuente su empleo en la elaboración de fórmulas magistrales con fines medicinales y en numerosas recetas culinarias. Es bien conocida su afición por los postres y dulces elaborados con miel, algunos de los cuales dieron origen a nuestros turrónes. Por tanto, cabe pensar que la importancia de la apicultura fue grande y el número de colmenas y personas dedicadas a esta actividad en aquellos tiempos, muy elevado. Tal es así, que en muchos de los escudos heráldicos de la Península están reflejadas inscripciones referentes a las abejas.

Después de la salida de los árabes de la Península, la apicultura, al igual que otras labores agrícolas y ganaderas, se mantuvo en manos de los moriscos hasta su definitiva expulsión. Esta vinculación de los moriscos con la apicultura ha quedado reflejada en algunos documentos del siglo XVI que se conservan en el Archivo Histórico Nacional (Mateu-Andrés *et al.*, 1993).

Las tareas apícolas han estado ligadas desde siempre a los hombres de nuestras tierras. Por eso no es extraño, en un país con un refranero tan rico como el nuestro, encontrar numerosos dichos y refranes que reflejan lo que han representado las abejas y sus productos en la cultura popular.

1.2. HISTORIA E IMPORTANCIA DE LA APICULTURA GALLEGA

La apicultura en Galicia tuvo su máxima expansión antes de la entrada del azúcar, siendo la miel, el alimento de mayor interés en cuanto a su poder edulcorante. En el Catastro de Ensenada de los años 1752-1753 figuran para Galicia un total de 366339 colmenas tradicionales, bien “trobos” o “cortizos” que estaban básicamente en manos de civiles, de las que solamente 20818 pertenecían a la Iglesia (pares.mcu.es/Catastro/servlets/ServletsController). Este dato indica claramente la importancia de la apicultura en Galicia desde la antigüedad, lo que ha quedado reflejado en la toponimia de diversos lugares (González-Pérez, 1989).

El “cortín”, “albar”, “abellariza”, “albiza” o “albariza” es una construcción rural a cielo abierto de forma ovalada, circular y rara vez cuadrangular, conformado por muros altos con el fin de dificultar la entrada de animales, principalmente osos (Figura 2). Estas construcciones como reflejo de la historia de la apicultura gallega, permanecen visibles en muchas áreas de montaña de Galicia, sobre todo en las Sierras Orientales de Ancares y Caurel y en la sierra del Suido. En esta última suelen tener forma cuadrangular.



Figura 2. Albariza en Murias de Rao (Navia de Suarna). Extraído de González-Pérez (1989).

Al mismo tiempo, la tradición se mantuvo viva en aquellos lugares dominados por la influencia eclesiástica y aún hoy en los alrededores de monasterios, iglesias y conventos se practica asiduamente la apicultura.

Las colmenas tradicionales “trobos” o “cortizos” se conservan todavía en muchos lugares (Figura 3). Su construcción varía notablemente dependiendo del área geográfica, de tal manera que en las zonas más al este es frecuente la

existencia de “trobos” elaborados con troncos de árbol huecos, bien de cerezo o de castaño que se tapan con pizarra, mientras que en las zonas más próximas a Portugal es frecuente encontrarse con “cortizos” construidos a partir del corcho extraído de los alcornoques, que se tapan con caperuzas de paja de centeno o trigo.



Figura 3. Trobo construido en tronco de cerezo (Lugo) (A). Cortizos de la Sierra del Xurés (Ourense) (B).

En una época relativamente más moderna se utilizaron, en algunos lugares de Galicia, trobos con tablas de madera de castaño, cerezo o roble, clavadas lateralmente (Figura 4).

Estas colmenas tradicionales tenían como objetivo la producción de miel para consumo propio o para el trueque. Esta miel se utilizaba como edulcorante, para la elaboración de recetas típicas como las “filloas con mel”, como remedio en enfermedades de tipo respiratorio y para la elaboración de bebidas dulces. Otro objetivo de las colmenas era la producción de cera, muy útil para la fabricación de velas y el pulido de los muebles.



Figura 4. Trobos de madera recortada (Ourense).

El comercio de la miel se limitaba a las festividades locales de carácter otoñal, al ser este producto de producción estacional y sólo de una cosecha al año, normalmente coincidente con los meses de julio a septiembre según zonas. Su importancia queda reflejada en las festividades de San Cosme y San Martín en las que se comercializan los productos de temporada como castañas, nueces y miel.

El primer trabajo sobre apicultura publicado en Galicia corresponde a

Ramón Pimentel Méndez (1893) con su *Manual de Apicultura escrito expresamente para los apicultores gallegos*. En el prólogo de este libro se hace referencia a la situación de la agricultura en la época y se considera a la apicultura como su industria auxiliar más importante. Tal vez ésta sea la primera referencia escrita de la importancia de la producción apícola en Galicia. Ya en esa época se indicaba que las colmenas tradicionales de corcho y sus sistemas de explotación estaban siendo abandonados en otros lugares por un sistema de explotación más productivo.

La invención de los cuadros móviles, llevada a cabo por Langstroth data de 1859, por lo que el dinamismo en la actividad apícola tiene lugar pocos años después (Root, 1984). En el año 1880 el párroco de Argozón (Chantada) Benigno Ledo, instala la primera colmena movilista y después de algunos años construye la primera colmena para la multiplicación de la colmena, a la que denominó colmena-vivero (Ledo-González, 1986). Roma-Fábrega (1982), cita que el primer libro de apicultura que se escribió en España data de 1586 con el título: *Cultivo y cura de las abejas y las ordenanzas de los colmenares*, sacadas de las ordenanzas de Sevilla y dedicado a Don Beltrán de la Cueva Duque de Alburquerque, pero el primer español con colmenas movilistas fue el gallego “cura de las abejas”, Don Benigno Ledo. El gran auge de la apicultura en Galicia no comienza hasta 1975, fecha en la que, gracias a la labor de las asociaciones de productores, tienen lugar las primeras modificaciones sustanciales en los conocimientos de los apicultores y en el sistema tradicional de explotación apícola. El elemento principal de este cambio es el trasiego de las colonias de abejas de colmenas fijistas a colmenas movilistas de alzas (principalmente tipo "Langstroth" o "Industrial"). Este hecho ha favorecido un incremento considerable de la producción de miel en nuestra comunidad autónoma.



Figura 5. Logotipo de la IGP Miel de Galicia.

Como consecuencia de la importancia de la producción de miel en Galicia y del aprecio del producto por parte de los consumidores, se publicó la Orden 1 de julio de 1988 en la que se reconoce la marca “Mel de Galicia: producto galego de calidade”. Posteriormente se creó la Denominación específica “Mel de Galicia” (Orden de 1 de Octubre de 1997). Finalmente, en el año 2007, se publicó la inscripción de la Indicación Geográfica Protegida “Miel de Galicia” en el Registro Europeo de DOPs e IGP (Reglamento (CE) 868/2007 de la Comisión del 23 de julio de 2007) (Figura 5). Esta denominación de origen acoge, en la actualidad, a 31581 colmenas pertenecientes a 341 apicultores. Están inscritas 35 plantas envasadoras, que durante el año 2011 comercializaron 348318 kg de miel (www.mieldegalicia.org).

En el año 2010, Galicia se posicionó en el octavo lugar en cuanto al número de colmenas en España, con un total de 89109, siendo Andalucía la comunidad que encabezó la lista, con más de 535000 colmenas (Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010): www.magrama.gob.es/es/estadistica/pags/anuario/2010/AE_2010_Avance.pdf).

Tabla 1. Número de colmenas y producción de miel de las cuatro provincias gallegas.

Provincias	Número de colmenas	Producción (toneladas)
A Coruña	12737	178
Lugo	36576	483
Ourense	28255	423
Pontevedra	11541	119
GALICIA	89109	1203

De las cuatro provincias gallegas, Lugo y Ourense destacan por el mayor desarrollo de la apicultura, con una representación de más del 70% de las colmenas (Tabla 1). La producción total de miel durante el año 2010 fue de 1203 toneladas.

1.3. VALOR DE LA MIEL Y VÍNCULO TERRITORIAL

En Galicia, como resultado de los modelos socioeconómicos que se fueron implantando durante nuestra historia, el consumidor valora el producto de origen local y está dispuesto a pagar un precio mayor ya que conoce su calidad y la premia.

En el año 1988, el Ministerio de Agricultura y Pesca español realizó un estudio sobre el comercio de la miel en nuestro país (Dirección General de Política Agroalimentaria, 1989). Este estudio pone de manifiesto que el noroeste de España presenta un consumo de miel alto en relación a otras comunidades españolas (Tabla 2). El gasto por habitante era de 450 pesetas, mucho mayor que el soportado por los habitantes de otras localidades. Del mismo modo, el precio por kilogramo supera el de otras comunidades españolas. Es de tener en cuenta que los datos relativos al precio que figuran en la tabla 2 se refieren a 1988 y por lo tanto están en pesetas, posteriormente no se ha publicado ningún estudio estadístico de este tipo.

El mayor precio de este producto ya aparece reflejado en otras referencias históricas que tratan la apicultura gallega, tal es el caso de la *Historia de Galiza* publicada y dirigida por Otero-Pedrayo (1962).

Tabla 2. Datos de interés en relación al consumo de miel.

	kg/habitante	Pts/habitante	Pts/kg
Áreas metropolitanas	0.579	237	409
Nordeste	0.523	236	451
Levante	0.603	230	381
Andalucía	0.710	274	385
Centro-Sur	0.589	223	378
Castilla-León	0.773	305	394
Noroeste	0.754	450	596
Norte	0.653	300	459
Canarias	0.331	168	507
Total nacional	0.622	269	432

Otra prueba de que la apicultura forma parte del patrimonio etnográfico gallego, además de las ya referidas, aparece en el libro *Os oficios* de Lorenzo Fernández (1983). El autor se refiere a los “Borreiros” o “Cereiros” que compran en las casas la cera que se aprovecha después de sacar la miel para obtener cera virgen útil en la fabricación de velas, imágenes para exvotos, etc. En el capítulo de *Etnografía* referido a la ganadería propia de la familia rural gallega, se hace referencia a las abejas. El autor indica que el ganado tiene un interés fundamental tanto por el papel que cumple en la economía rural como por la calidad de sus productos. Además comenta las numerosas instalaciones de colmenares que hay en Galicia, hechas con los últimos adelantos (para la época) que rinden a sus explotadores buenos beneficios, ya que la miel tiene en el mercado buen precio.

Es por tanto la apicultura una actividad ligada a la socioeconomía del mundo rural gallego, que se fue especializando a lo largo de los años en función de las distintas políticas administrativas y necesidades comerciales.

En la antigüedad la eliminación de los foros, la compra de pequeñas parcelas de terreno por los nuevos propietarios, el valor cultural y social de la tierra y el sistema tradicional de reparto de la herencia entre los descendientes han definido la estructura territorial de Galicia. Esta estructura territorial, en cuanto a la propiedad de la tierra, es claramente diferente de otras regiones españolas con una clara atomización del minifundismo. Hecho que también se refleja en la apicultura.

2. ORIGEN BOTÁNICO DE LA MIEL

Las características sensoriales de la miel dependen fundamentalmente de su origen botánico, así pueden variar en color, olor y gusto. Determinadas mieles son muy apreciadas por los consumidores y como consecuencia las plantas que las dan origen son buscadas por los apicultores. Este es el caso de romero, tilo, brezo, azahar, etc (Seijo, 1994).

Para determinar el origen botánico de la miel se han utilizado diferentes métodos analíticos pero ninguno de ellos se ha revelado como definitivo para la tipificación del producto (Anklam, 1998; Bogdanov *et al.*, 2004).

El análisis melisopalinológico permite determinar el polen mayoritario de la miel, así como la presencia de elementos de mielada, y por lo tanto su origen botánico principal. El espectro polínico de la miel es un indicador de la flora que ha sido visitada por las abejas y de las características que, como consecuencia va a presentar la miel. Esta técnica constituye uno de los métodos más eficaces para averiguar el origen geográfico de las mieles, y caracterizarlas desde el punto de vista botánico.

Los análisis fisicoquímicos son importantes para conocer la calidad de las mieles, y los análisis organolépticos ayudan a una tipificación correcta, complementando así el estudio de la miel. Análisis melisopalinológicos, fisicoquímicos, organolépticos y las recientes investigaciones sobre componentes fitoquímicos han facilitado el conocimiento de las mieles y su tipificación.

Según el sedimento de la miel se distinguen dos tipos:

- Miel de néctar o de flores

La materia prima utilizada por la abeja es el néctar de las flores. En el sedimento de estas mieles domina el polen de plantas nectaríferas. Dentro de este tipo de mieles y en base a las peculiaridades de cada especie vegetal, se pueden diferenciar las mieles monofloras, monoflorales o uniflorales, en las que domina el polen de una sola especie, de las milflores, multiflorales o milflorales en las que ninguno de los pólenes manifiesta un predominio significativo sobre los demás.

En general, se admite que porcentajes de un tipo de polen determinado superiores al 45% con respecto al total son suficientes para la denominación monofloral, no obstante existen algunas excepciones. En ciertas mieles que proceden de plantas de baja capacidad productora de polen como muchas Labiatae, es suficiente un 15-20% de polen para considerarlas monoflorales. En el caso contrario, es decir, en aquellas mieles que proceden de plantas cuyo polen aparece

con frecuencia hiperrepresentado se le exigen porcentajes superiores (70-90%), tal es el caso de las de *Castanea sativa*, *Eucalyptus*, *Lotus*, etc... Este es uno de los principales problemas con los que se encuentra la melisopalínología a la hora de la tipificación de las mieles.



Figura 6. Abejorro libando en flor de *Lamium*.

Una serie de factores influyen en la entrada de polen al néctar. Entre estos se ha de tener en cuenta la morfología de la flor, por ejemplo, en flores de corolas abiertas que no sean colgantes el polen cae fácilmente en los nectarios, apareciendo frecuentemente una mayor cantidad de polen en el néctar. En flores de corola zigomorfa o tubulares colgantes difícilmente el polen cae en el néctar, en esta ocasión es la propia abeja la que lo "contamina" cuando se introduce en la flor para libar.

La morfología polínica (peso, tamaño y ornamentación del polen) juega, también, un papel muy importante en la presencia del polen en la miel. Los pólenes de menor ornamentación tienen más dificultades para adherirse al cuerpo de la abeja, al igual que los de gran tamaño, no pueden ser libados con tanta facilidad por lo que suelen estar infrarrepresentados en las mieles. La existencia de sustancias en el exterior de la exina del grano de polen ("pollenkit") que sirvan de adhesivo favorece la adherencia del polen al cuerpo de la abeja y su paso al néctar.

Determinadas prácticas apícolas favorecen el paso de polen a la miel. Una de las fuentes de contaminación importante, es la provocada por la incorporación de celdillas de polen cuando se realiza la extracción de la miel y, se reduce si se utilizan colmenas de desarrollo vertical con alzas. La extracción de la colmena de panales que contenga exclusivamente miel, impide la contaminación debida a este polen almacenado.

De forma casual, el polen de plantas anemófilas puede formar parte del espectro polínico de las mieles, aunque su significado es escaso.

- Miel de mielada

Para la elaboración de este tipo de miel la abeja toma directamente las secreciones de las plantas o los exudados de ciertos insectos, depositados sobre el vegetal. En las mieles de mielada abundan los pólenes de plantas anemófilas, restos de hifas de hongos, esporas, algas verdes, etc.

Los mielatos suelen producirse por pulgones del Orden Rynchonta, que en Galicia atacan principalmente al castaño y a los robles durante los meses de verano, aunque existe clara relación entre la proliferación de estos insectos y los factores climáticos. Meixide (1987) indica que para los pulgones, en general, un tiempo cálido y seco en otoño favorece el desarrollo de la generación sexuada con la puesta de huevos y el arranque de las colonias en primavera. Las lluvias abundantes y el frío, por el contrario, son perjudiciales.



Figura 7. Abeja recogiendo mielatos sobre *Quercus pyrenaica*.

A mediados del siglo pasado, se indicaba que distintas especies de *Coniothecium* estaban presentes en la mielada procedente de bosques de hoja caduca, mientras que las especies de *Atichia*, *Hormiscium* y *Triposporium* formaban parte de mieladas de coníferas (Zander, 1941).

Otro tipo de hifas y esporas de hongos frecuentes en la miel, son ciertos patógenos vegetales como Ustilaginales, Uredinales, Peronosporaceae y otros hongos parásitos del polen como *Pericystis alvei* (Maurizio, 1959) o de la abejas como *Ascospaera apis*. En ocasiones, se pueden encontrar algunas algas verdes comunes en las hojas y ramas, como las del género *Pleurococcus*, *Chlorococcum* y *Cystococcus*. También restos de Cyanophyceae, Diatomaceae y Desmidiaceae, pueden ser identificados en el sedimento pero probablemente provienen del agua y no tienen significado en el origen de la miel (Maurizio, 1959; Louveaux *et al.*, 1970).

2.1. INTERÉS APÍCOLA DE LAS PLANTAS

Las relaciones ecológicas entre las plantas entomófilas (polinizadas por insectos) y las abejas datan de hace 80 millones de años. Existe una perfecta simbiosis entre plantas y abejas, generando beneficio recíproco (Tautz, 2008). Esta relación, beneficiosa para ambas partes, consiste en que las plantas suministran a las abejas el néctar y el polen que necesitan para su alimentación, y estas, a cambio, proporcionan la polinización cruzada a las plantas que pecorean, permitiéndoles una descendencia mucho más variable, genéticamente hablando y con mayores posibilidades de producir variedades para adaptarse a los nuevos ambientes, competir con otras especies y ocupar nuevas posiciones ecológicas. Esto sucede porque cuando una abeja visita una flor, los pelos que recubren su cuerpo se cubren con los microscópicos granos de polen de las anteras, algunos de los cuales irán a parar al estigma de otra flor dando lugar a su fecundación y a la producción del fruto y de las semillas. También hay otros insectos

polinizadores, pero son las abejas en un 80% las responsables de la polinización de las plantas, dado su alto grado de especialización.

La flora de interés apícola la forman las plantas de las que las abejas recogen el néctar, el polen, los mielatos y los zumos para la alimentación de la colmena, y los propóleos (Ortega-Sada, 1987). El néctar, los mielatos y los jugos de frutas se utilizan para la producción de la miel que las abejas almacenan en panales para las épocas de escasez. El polen, también se almacena en celdillas pero su recogida tiene un comportamiento fuertemente estacional y el consumo es a más corto plazo. El objetivo de esta recogida de polen es el de alimentar a la cría. Las resinas son utilizadas comúnmente para la elaboración de propóleos, sustancias que presentan elementos antimicrobianos por lo que son utilizadas para recubrir los cuerpos muertos que las abejas obreras no pueden retirar, para cerrar grietas o recubrir las estructuras de la colmena.

A pesar del interés apícola potencial de las plantas, una especie determinada puede presentar un atractivo diferente en función del área geográfica (Seijo *et al.*, 1992; Baude *et al.*, 2011). El interés apícola dependerá del recurso apícola que ofrece y de las necesidades de desarrollo de la colmena. Así, cada una de las combinaciones posibles de los factores que se enumeran a continuación influye en el interés final que las plantas presentarán para las abejas. Este es el motivo por el que es necesaria la elaboración de trabajos exhaustivos sobre el comportamiento de cada una de las especies de interés apícola en función de los lugares en los que su interés se quiere probar. Las posibles variaciones tienen carácter específico, subespecífico, varietal o incluso de ecotipo.

2.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL VALOR APÍCOLA

2.1.1.1. FACTORES DE CARÁCTER INTRÍNSECO

Son aquellos que dependen de la propia planta.

A) Composición y características del néctar

El contenido en azúcares, vitaminas, minerales y la viscosidad del néctar son variables. Los distintos azúcares del néctar no presentan el mismo atractivo para las abejas, sino que existen preferencias por soluciones simples de azúcares en el siguiente orden: sacarosa, glucosa, maltosa y fructosa (Wykes, 1952; Percival, 1961). La sacarosa es el constituyente glucídico predominante en Ranunculaceae, Berberidaceae y Fumariaceae. Cruciferae, Umbelliferae, Euphorbiaceae, Rosaceae de porte herbáceo, y algunas Compositae secretan néctar compuesto en partes iguales de fructosa y glucosa (Pouvreau & Marilleau, 1987). Asimismo, la composición del néctar puede variar con la edad de la flor, con la ubicación de la

planta e incluso con la hora del día. En ciertos néctares, cantidades más importantes de enzimas como transfructosidasas y transglucosidasas, capaces de actuar sobre los azúcares, provocan variaciones temporales cualitativas en el contenido de azúcares.

La viscosidad del néctar es una característica que influye también en la apetencia de las abejas por él, dado que néctares muy diluidos serán rechazados por la abeja ya que el trabajo que ha de realizar para concentrarlo, hace que no les resulte rentable. En el otro extremo, néctares muy viscosos pueden dificultar notablemente el proceso de succión. Así Corbet (1978) indica que las visitas de las abejas a *Echium vulgare* son más numerosas en tiempo húmedo cuando el néctar está más diluido y además las abejas pueden alcanzarlo más fácilmente con sus lenguas cortas.

B) Vitalidad y edad de la planta

La edad de producción varía según las especies. Plantas demasiado jóvenes o muy viejas pueden no producir néctar o polen. Las enfermedades, condiciones de vida extremas o deficiencias minerales, etc... provocan secreciones nectaríferas escasas o nulas.

C) Color, aroma y forma de las flores

Influyen directamente en el atractivo que para las abejas presentan las distintas plantas. Por ejemplo, las guías florales de ciertas especies indican al insecto la posición en que se encuentran los nectarios (Von Frisch, 1984; Mc Call & Primack, 1992).

2.1.1.2. FACTORES DE CARÁCTER EXTERNO

Son aquellos que no dependen de la propia planta, sino de las condiciones ecológicas, geográficas, edáficas, etc...

A) Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas tienen una gran influencia al actuar tanto sobre la propia planta como sobre la actividad de la abeja. Temperaturas elevadas provocan la evaporación del agua del néctar, haciéndolo excesivamente viscoso y difícil de aprovechar. La capacidad de secreción de la planta también se ve modificada, ya que cada especie secreta a determinados intervalos de temperatura. En cuanto a la producción de polen, temperaturas elevadas aceleran la dehiscencia de la antera variando, de ese modo, el periodo hábil de su recolección (Weber El Ghobary, 1983).



Figura 8. *Erica australis* en flor.

La humedad ambiental y las lluvias también modifican la viscosidad del néctar. En ocasiones el incremento de humedad durante la noche permite el aprovechamiento de fuentes nectaríferas a primeras horas de la mañana cuando el grado de viscosidad es el adecuado para facilitar la succión. La lluvia produce la disolución de azúcares y un lavado de las flores. Por el contrario el viento, modifica la concentración de azúcares al favorecer la evaporación.

Largos periodos de sequía, no sólo durante la floración sino también en periodos previos, alteran el equilibrio hídrico de la planta reduciendo la fotosíntesis y el transporte de azúcares y por tanto su capacidad de secreción nectarífera y de producción de polen.

La radiación solar es también un factor a tener en cuenta, por la influencia que tiene sobre la fotosíntesis. La radiación recibida por la planta durante las 24 horas precedentes juega un papel muy importante en la secreción nectarífera. Pinzauti & Frediani (1985) indica que las abejas prefieren pecorear en las flores de *Helianthus annuus* por la mañana y que además la visita periódica de estos insectos estimula la secreción nectarífera.

Por otro lado las condiciones meteorológicas tienen una clara influencia sobre la actividad de la abeja. En periodos de lluvia la abeja no puede salir a pecorear aunque en el campo existan floraciones importantes. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 10°C la actividad de las abejas se ve también fuertemente limitada.

B) Factores de tipo edáfico

La naturaleza del sustrato y la topografía afectan al drenaje y aireación del suelo, lo que provoca variaciones en la capacidad de floración de una planta. Asimismo, la composición del suelo en relación a los elementos minerales, materia orgánica, etc... condicionan la vitalidad de la planta influyendo en su fenología y producción de néctar y polen.

C) Factores de tipo geográfico

Están directamente relacionados con los factores anteriores y explican el hecho de que una planta presente un elevado valor apícola en un área determinada y que su comportamiento en otra área no se mantenga. En cada lugar concreto se

establece una competencia entre floraciones de forma que, plantas que pueden ser muy visitadas en una zona determinada, pueden carecer de interés para las abejas al existir otras más nectaríferas mejor representadas.

Los factores internos y externos actúan conjuntamente. Así una flor desprotegida, es en principio más asequible para la abeja, pero las condiciones ambientales alterarán más fácilmente las características del néctar y el polen.



Figura 9. *Cistus psilosepalus*.

Por ello, las plantas escogidas por las abejas para libar su néctar presentan flores con corolas más cerradas o con estructuras que protegen el néctar y lo mantienen resguardado de los cambios ambientales. Por el contrario, cuando nos referimos al polen, prefieren las flores de corolas abiertas y con numerosos estambres como es el caso de Compositae, Cistaceae, etc...

A modo de síntesis, se puede considerar que las condiciones que han de reunir las plantas para ser consideradas de interés por las abejas son las siguientes:

- Ser comunes. Aquellas plantas más abundantes van a ser localizadas con mayor facilidad por las abejas exploradoras siendo pecoreadas con más rapidez.
- Presentar largos periodos de floración coincidentes con la mayor actividad de las abejas.
- Proporcionar polen, néctar o mielatos apetecibles y asequibles para las abejas.
- Presentar un valor biológico adecuado a las necesidades de la colmena. La actividad de las abejas refleja las necesidades de la colmena, por ello en determinadas circunstancias pueden recurrir a plantas más alejadas del colmenar si tienen una composición de su néctar o polen más adecuadas a las necesidades del momento (Issa *et al.*, 2009).

Además de las características anteriores, las plantas han de estar en el radio de pecoreo de la abeja por lo que se recomienda acercar los colmenares a aquellos lugares de más abundancia de plantas de interés apícola. Reconocer cuáles son estas plantas y donde están ubicadas es muy importante para el apicultor haciéndose necesaria la cartografía de las plantas melíferas de mayor interés para cada región (Louveau, 1975; Briane, 1990).

2.2. VEGETACIÓN DE GALICIA

La posición de Galicia en el extremo noroccidental de la Península Ibérica, entre dos ambientes climáticos, el atlántico y el continental de la Meseta, le confiere una diversidad climática que condiciona, conjuntamente con su geología, su relieve, su pasado, y la acción del hombre, las peculiaridades que presenta su vegetación a caballo entre el reino Eurosiberiano y el Mediterráneo.

A nivel climático, se han utilizado diferentes índices y diagramas que relacionan la precipitación y la temperatura estival, para tratar de delimitar y definir climas. Concretamente, Carballeira *et al.* (1983), utilizando los índices de Giacobbe y De Martonne y considerando la mayor reserva hídrica edáfica en el período precedente al estival con relación a los países mediterráneos, indican que el carácter mediterráneo se reduce en Galicia a los valles del Sil y Limia. No obstante, la influencia oceánica se deja sentir en cualquier punto de Galicia como consecuencia de las características geomorfológicas gallegas, lo que permite la supervivencia de numerosas especies atlánticas o subatlánticas y la existencia de introgresiones y enclaves relictos que aparecen a ambos márgenes de las regiones, haciendo que el límite entre ambas haya sido modificado en numerosas ocasiones.

Rivas-Martínez (1987) sitúa el límite de las dos regiones fitogeográficas de la Península Ibérica, penetrando en Galicia y dividiendo ésta en dos zonas, la primera se corresponde con el mundo Eurosiberiano y Atlántico e incluye las provincias de A Coruña, Pontevedra, la mayor parte de Lugo (a excepción de la zona sur, principalmente coincidente con la cuenca del río Sil), y la parte occidental de Ourense. La segunda (región mediterránea) coincide con la parte central de la provincia de Ourense y los valles del Sil y Miño en su parte más baja.

Las unidades corológicas presentes en Galicia, según Rivas-Martínez (1987) e Izco (1987), con las principales series de vegetación que las caracterizan son las siguientes:

2.2.1. REGION EUROSIBERIANA

En la actualidad la sectorización, de la región eurosiberiana de la Península Ibérica, divide a esta región en las provincias Cántabroatlántica para el territorio de menor altitud y Orocantábrica para las áreas de montaña (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

A) Provincia Cantabroatlántica

- Sector Galaico-Portugués

Se extiende desde la ría de Betanzos hasta el fin de la región eurosiberiana en Portugal, al norte de Oporto, y limitan con la mediterránea, ya en la provincia de Ourense. Dentro de este sector, se diferencian cuatro subsectores debido principalmente a las influencias ejercidas desde zonas próximas.

La serie colina galaico-portuguesa acidófila del roble (*Rusco-Querceto roboris sigmetum*) es la que caracteriza a este sector en su piso colino (hasta 700 metros) hacia occidente de la dorsal gallega. El óptimo estable de esta serie es un robledal denso de carballos (*Quercus robur*) que puede llevar una cierta cantidad de melojos (*Quercus pyrenaica*), acebos (*Ilex aquifolium*), castaños (*Castanea sativa*), laureles (*Laurus nobilis*), alcornoques (*Quercus suber* -rarezza en el subsector compostelano y lucense), así como *Pyrus communis* y *Crataegus monogyna*. Su degradación conduce a "xesteiras" oceánicas, cuya estructura corresponde a un piornal de gran talla rico en helechos, zarzas, retamas y tojos (*Pteridium aquilinum*, *Rubus lusitanicus*, *Cytisus striatus*, *Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus*, etc). Al ascender hacia el piso montano ingresan en la "xesteira" otros piornos como *Genista florida*, *Cytisus scoparius* y *Cytisus grandiflorus*. Tras fuegos continuados, aparecen los brezales, que incluyen un buen número de elementos iberoatlánticos (*Ulex minor*, *Genista triacanthos*, *Cistus psilosepalus*, etc.) y mantienen aún otros del brezal cántabro-atlántico (*Daboecia cantabrica*, *Pseudorrhenatherum longifolium*, etc.), aparece asimismo *Ulex micranthus*. Esta sucesión, tras la degradación del bosque, se va a repetir en Galicia, si bien las especies que configuran estas formaciones de matorral van a cambiar en las distintas unidades corológicas. En los brezales de sustitución, son también frecuentes elementos occidentales mediterráneos iberoatlánticos, tanto más abundantes cuanto más hacia el sur del sector, siendo una combinación normal en ellos: *Ulex gallii* subsp. *breoganii*, *U. europaeus*, *D. cantabrica*, *Erica cinerea*, *E. umbellata*, *E. australis* subsp. *aragonensis*, *Calluna vulgaris*, *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*, *Thymus caespitius*, *Xolantha globulariifolia*, *P. longifolium*, etc... En los piornales o "xesteiras" que sustituyen u orlan los bosques son frecuentes *Cytisus striatus*, *C. scoparius* subsp. *scoparius*, *C. multiflorus*, *Genista florida* subsp. *polygaliophylla*, *Adenocarpus complicatus*, *Erica arborea* y *P. aquilinum*.



Figura 10. *Laurus nobilis*, un elemento representativo del sector.

En las sierras de Xurés, Larouco, San Mamede y Queixa, aparecen los abedulares climáticos, sobre suelos silíceos pobres en bases. Son bosques mixtos en los que además del abedul (*Betula alba*), son comunes *Acer pseudoplatanus* y *Quercus pyrenaica* y en el sotobosque *Erica arborea*. Son sustituidos por piornales cuando el suelo se degrada, siendo entonces dominantes *Genista florida* y *Erica arborea*, o retamas como *Cytisus striatus* y *C. oromediterraneus*. En general, los brezales ocupan grandes extensiones en estas zonas.

- Sector Galaico-Asturiano

Se corresponde con el norte de la provincia de Lugo y A Coruña. En él aparece la serie de los robledales acidófilos colino-montanos cantabroatlánticos (*Blechno-Querceto roboris sigmetum*) de caracteres semejantes a los del sector anterior. En ciertos enclaves soleados y cálidos pueden también encontrarse los robledales característicos del sector galaico-portugués. La presencia de *Genista florida* subsp. *polygaliiphylla*, suele ser un buen indicador territorial para detectar el



Figura 11. Brezal con *Erica mackaiana*.

paso del subsector Galaico-asturiano septentrional al Laciano-Ancareño de la provincia Orocantábrica. Los piornales de sustitución están formados por *Cytisus striatus*, *C. scoparius*, *Erica arborea*, *Ulex europaeus*, *Pteridium aquilinum*. En el norte, la deforestación antrópica dio lugar a la aparición de matorrales de carácter mesohigrófilo en los que *Erica mackaiana* y *Cytisus commutatus* suelen ser especies frecuentes (Izco et al., 2006).

B) Provincia Orocantábrica

- Sector Laciano-Ancareño

Las sierras de Caurel y Ancares, son el límite suroccidental de esta provincia. En las altas cumbre ancareñas, por encima de 1800 metros de altitud, se encuentran enebrales rastreros en los que junto a *Juniperus communis* subsp. *alpina* y *Vaccinium myrtillus*, se encuentra *Vaccinium uliginosum* (arándano higrófilo) y plantas como *Trifolium alpinum*. Marcando el límite altitudinal del bosque, aparecen abedulares (*Luzulo-Betuletum pubescentis*), que en su óptimo estable se corresponden con bosques mixtos, en los que además del abedul, podemos encontrar, *Sorbus aucuparia*, *Ilex aquifolium*, *Corylus avellana*; esporádicamente se incorporan *Taxus baccata*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra*, *Quercus petraea*, *Acer pseudoplatanus*, junto a *Vaccinium myrtillus*, *Luzula sylvatica* subsp. *sylvatica*, *Saxifraga sphataris*, etc. En el piso montano, por debajo de los abedulares y hayedos se asientan robledales de

roble melojo (*Linario triornithophorae-Quercetum pyrenaica*). Su clímax corresponde a un bosque denso de talla media, en el que suele predominar *Quercus pyrenaica*, si bien, le pueden acompañar otros, muchos de ellos híbridos, que a veces llegan a ser predominantes. A lo largo de los cauces y vaguadas, se desarrollan formaciones dominadas por avellanos (*Corylus avellana*), acompañados por *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*, *Sorbus aucuparia* y *Fagus sylvatica*. En algunos enclaves del Caurel, y concretamente sobre afloramientos de roca caliza pueden aparecer encinares (*Cephalentero-Quercetum rotundifolia*) de carácter relicto.



Figura 12. *Vaccinium myrtillus*.

En las cotas más bajas del valle del Navia se aprecia la influencia del clima más cálido de la costa que remonta el río, con la presencia de especies como *Laurus nobilis*. Los piornales de sustitución son de *Genista florida* subsp. *polygaliiphylla*, *Cytisus scoparius*, *Adenocarpus complicatus*, *Erica arborea* y *Pteridium aquilinum*. Los brezales, cubren grandes extensiones con *Erica australis*, *E. cinerea*, *Calluna vulgaris*, *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*, etc. En las ripisilvas de la Galicia Eurosiberiana predomina el aliso (*Alnus glutinosa*) junto a *Salix atrocinerea*, *Frangula alnus* o *Betula alba*. Según los sectores, y como consecuencia de las influencias mediterráneas o eurosiberianas respectivamente, se unen *Fraxinus angustifolia* o *Fraxinus excelsior* y *Ulmus glabra*.

2.2.2. REGION MEDITERRANEA

A) Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa

- Sector Orensano-Sanabriense

En esta provincia tienen su óptimo las series de los melojares silicícolas supramediterráneos, en particular, sobre suelos pobres en bases y en áreas de ombroclimas húmedas y subhúmedas. Encontramos dos tipos de melojares, *Genista falcatae-Quercetum pyrenaica*, que ocupa una estrecha banda entre los 700 y 1000 metros en el encajonado valle del Sil hasta Quiroga. Es característica de estos melojares la presencia de *Genista falcata* junto a *Festuca elegans* y *Luzula forsteri*. El resto de los melojares se incluyen en la asociación *Holco mollis-Quercetum pyrenaica*, en ellos la influencia atlántica está aún presente, en especial, en las zonas de depresión de Lemos y cubeta de Ourense capital, con *Quercus robur*, *Linaria triornithophora*, *Omphalodes nitida*, etc.

La influencia mediterránea se evidencia por la presencia de taxones en sus etapas subseriales, en las que *Cytisus multiflorus* es dominante junto a *Cytisus striatus*, *C. scoparius*, *Genista florida* subsp. *polygaliophylla*, *Pteridium aquilinum*. Los brezales o jarales subseriales están formados por *Erica australis* subsp. *aragonensis*, *E.*



Figura 13. *Arbutus unedo*.

cinerea, *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*, *Pterospartum tridentatum*. En los niveles más bajos de la red del Sil hasta su confluencia con el Miño aparecen los carrascales o encinares de hoja redonda (*Genista hyxtrix*-*Quercetum rotundifolia*). En estos bosques junto a *Quercus rotundifolia* podemos encontrar quejigos (*Quercus faginea*) y "rebolos" (*Quercus pyrenaica*), *Ruscus aculeatus*, *Arbutus unedo*, *Pistacia therebinthus*, *Phyllirea angustifolia*.

En estas etapas subseriales, los tojos pierden importancia en favor de los brezos, en especial, *Erica australis* subsp. *aragonensis* y *Calluna vulgaris*; *Erica cinerea* se hace muy escasa, al igual que *Daboecia cantabrica* que llega a desaparecer, así como *Erica ciliaris*. Como etapas de sustitución de los encinares situados en las cotas más bajas aparecen los jarales pringosos (*Cisto-Genistetum hyxtrix-suberi* subasoc. *Ulicetosum europaeus*) en los que junto a *Cistus ladanifer* existen otros componentes mediterráneos como *Thymus mastichina* y con menor frecuencia *Cistus salvifolius*, *Genista hystrix* y *Lavandula stoechas* subsp. *sampaiana*. Una de las series más peculiares de este territorio es la mesomediterránea del alcornoque (*Genista hyxtrix*-*Quercetum roboris* subasoc. *Q. suberis*). En su etapa madura se corresponde con un bosque de *Quercus suber* acompañado de arbustos de hojas lustrosas como *Arbutus unedo*, *Phyllirea angustifolia*, *Viburnum tinus*, etc. Esta serie ocupa una estrecha banda en el valle del Sil, desde su fusión con el Miño hasta su inflexión con el río Cabrera. Su independencia de otros alcornocales ibéricos se asegura por la presencia de *Omphalodes nitida* o *Physospermum cornubiense* y de *Genista falcata*, *Genista florida* subsp. *polygaliophylla*, *Ulex europaeus*, *Ulex minor*, *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides*, *Pseudorrhenantherum longifolium*, en las fases de piornal o brezal.

En Trevinca, por encima de los 1800 metros, crecen enebrales rastreros (*Genista sanabrensis*-*Juniperetum nanae*), con *Juniperus communis* subsp. *alpina* y *Vaccinium myrtillus*. Junto a ellos aparecen taxones de carácter mediterráneo como *Genista sanabrensis* y *Echinopartum ibericum*. En las etapas de sustitución se forman brezales bajos con *Genista sanabrensis*, *Erica umbellata* y *Calluna vulgaris*.

Finalmente, las ripisilvas de la región mediterránea están constituidas principalmente por choperas (*Populus alba* y *P. nigra*).

2.3. FLORA DE INTERÉS APÍCOLA EN GALICIA

Las características de la población gallega, con gran diseminación rural y fuerte dedicación agrícola-ganadera junto a las intensas repoblaciones forestales, con especies de rápido crecimiento en la costa, han alterado notablemente el paisaje vegetal.

Así, el sector Galaico-Portugués se caracteriza por tener, en las áreas costeras, una escasa representación de masas de frondosas autóctonas, sustituidas por bosques monoespecíficos de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster* o bosques mixtos de ambas especies con *Quercus robur* y *Castanea sativa*. Lo mismo sucede en la zona más costera del sector Galaico-Asturiano. En la zona centro-norte del territorio, la producción de leche y carne es una de las actividades agrícolas fundamentales, esto ha favorecido el mantenimiento y la creación de praderas para el forraje del ganado. Hacia el sur de la comunidad, el clima más cálido y seco favorece una mayor dedicación del territorio a cultivos como el viñedo, la huerta, las plantas ornamentales o incluso el olivo. La distribución, abundancia e interés apícola de las plantas que crecen en nuestra comunidad nos permiten indicar como principales plantas de interés apícola las que figuran en la tabla 3.

El estrato arbóreo es el principal recurso para las abejas en nuestra comunidad autónoma. *Castanea sativa* es el taxón de interés apícola por excelencia en todo el interior de Galicia. Se distribuye aisladamente o bien formando bosques monoespecíficos o "soutos". Estas formaciones boscosas son muy abundantes en las



Figura 14. *Castanea sativa* en flor.

provincias de Ourense y Lugo, especialmente, en los valles del macizo centro-oriental ourensano y en las sierras orientales lucenses. Si bien, la presencia de castaños es muy frecuente en la proximidad de todos los núcleos rurales gallegos, incluso en la costa. Su valor apícola es muy elevado, produciendo buena cantidad de néctar, polen e incluso al final del verano, mielato. Puede florecer desde finales de mayo hasta finales de julio en las zonas de mayor altitud (García-Carballo, 2001).

Tabla 3. Principales plantas de interés apícola en Galicia.

Familia	Principales especies o géneros	Valor apícola
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	N, P
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	N, P
Boraginaceae	<i>Anchusa, Echium, Lithodora, Myosotis, Cynoglossum, Symphytum, Borago</i>	N, P
Campanulaceae	<i>Campanula, Jasione, Phyteuma</i>	N, P
Caprifoliaceae	<i>Lonicera, Sambucus, Viburnum</i>	N, P
Cistaceae	<i>Cistus, Helianthemum, Halimium</i>	P
Compositae	<i>Carduus, Centaurea, Anthemis, Bellis, Senecio, Taraxacum officinale, Calendula, Achillea</i>	N, P
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	N, P
Cruciferae	<i>Brassica, Raphanus, Capsella bursa-pastoris</i>	N, P
Cucurbitaceae	<i>Bryonia</i>	N, P
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	N, P
Ericaceae	<i>Erica arborea, E. australis, E. cinerea, E. umbellata, E. scoparia, E. tetralix, E. ciliaris, E. mackaiana, Calluna vulgaris</i>	N, P
Fagaceae	<i>Castanea sativa, Quercus</i>	N, P, M
Labiatae	<i>Lamium, Mentha, Thymus, Lavandula stoechas, Rosmarinus officinalis, Teucrium scorodonia, Salvia, Origanum</i>	N
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>	N, P
Leguminosae	<i>Acacia, Robinia pseudoacacia, Cytisus, Adenocarpus, Anthyllis, Lotus, Medicago, Trifolium, Vicia</i>	N, P
Liliaceae	<i>Allium, Asphodelus</i>	N, P
Malvaceae	<i>Malva</i>	P
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	N, P
Oleaceae	<i>Ligustrum, Syringa</i>	N, P
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	N, P
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	P
Polygonaceae	<i>Rumex, Fallopia, Polygonum</i>	N, P
Ranunculaceae	<i>Helleborus, Ranunculus, Thalictrum</i>	N, P
Resedaceae	<i>Reseda, Sesamoides</i>	N, P
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	N, P
Rosaceae	<i>Filipendula, Potentilla, Crataegus monogyna, Prunus, Malus, Pyrus, Rubus, Geum</i>	N, P
Salicaceae	<i>Salix</i>	N, P
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum, Scrophularia, Linaria, Verbascum, Rhinanthus</i>	N, P
Umbelliferae	<i>Bupleurum falcatum, Daucus carota, Anthriscus, Conium maculatum, Oenanthe</i>	N, P

Valor apícola: N: produce néctar interesante, P: produce polen interesante, M: produce mielato.

La tendencia climática de los últimos años (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2011) que favorece la presencia de veranos prolongados y secos ha permitido que un taxón como *Quercus* tome relevancia en la producción apícola, por su capacidad para producir mielato. Las especies más características y más abundantes son: *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* y *Q. suber* éste último más mediterráneo. Son *Q. pyrenaica* y sus híbridos los que tienen mayor interés de cara a la producción de mieles de mielada, sobre todo en el sur de la provincia de Lugo y la mitad oriental de la provincia de Ourense.

En la costa, como ya se ha mencionado, es abundante la presencia *E. globulus*, árbol cuya importancia apícola es conocida a nivel mundial. En esta área geográfica tiene una floración invernal poco estable (desde noviembre hasta el inicio de la primavera), con años de buena producción nectarífera y años muy malos. Si su floración es relativamente tardía y la meteorología es favorable, se convierte en el principal recurso apícola de la zona, permitiendo la obtención de una gran cantidad de miel. Además la floración es más estable y abundante, cuando los árboles han alcanzado la madurez (Seijo *et al.*, 1998). Otra especie de *Eucalyptus*, *E. camaldulensis* es frecuente en el interior de la comunidad, florece principalmente entre los meses de mayo y junio, siendo su aprovechamiento apícola principal el polen. Al principio de la primavera, *Salix* aporta buena cantidad de polen y néctar, que las abejas utilizan para estimular el desarrollo de la colonia.



Figura 15. *Eucalyptus globulus* en flor.

El siguiente estrato de vegetación importante para el desarrollo de la apicultura en nuestra región es el matorral. De sus componentes cabe destacar la familia Ericaceae y el género *Erica* como el de mayor importancia, aunque, *Daboecia cantabrica* y *Calluna vulgaris* son también muy frecuentes.

La importancia apícola de las plantas del género *Erica*, radica en su buena distribución y en el amplio periodo de floración que presentan las distintas especies de este género. Las más representativas son *Erica australis* subsp. *aragonensis*, *E. arborea*, *E. umbellata* y *E. cinerea*, éstas se suceden en la floración desde finales de enero hasta entrado el verano. Otras especies bien representadas son *Erica ciliaris*, *E. scoparia* y en el norte de



Figura 16. Matorral de *Erica australis*.

Lugo, *E. mackaiana*. *Daboecia cantabrica* es de menor importancia apícola al poseer sus flores corolas tubulares largas que limitan el acceso de las abejas al néctar. *Calluna vulgaris* constituye un recurso alimenticio muy importante aunque su época de floración (septiembre) perjudica la recogida del néctar por las abejas si la meteorología es desfavorable.

Los brezales en Galicia constituyen formaciones vegetales mixtas, frecuentemente, con retamas o piornos, que han perdido representación en nuestro territorio (Izco *et al.*, 2006). Sus usos tradicionales junto a los usos tradicionales de las “xesteiras” han perdido funcionalidad en el medio rural y por ello valor. Es frecuente que estas áreas sean focos de incendios forestales que limitan su producción para la apicultura.

En cuanto a las leguminosas más representativas del matorral cabe destacar a *Ulex* (*U. minor*, *U. europaeus*), *Cytisus* (*C. scoparius*, *C. striatus*, *C. multiflorus*), *Genista florida*, *Pterospartum tridentatum* o *Adenocarpus complicatus*. El valor apícola de estas especies es muy discutido, con autores que indican que solo producen polen para las abejas y otros que indican que producen néctar interesante (Howes, 1953; Battaglini *et al.*, 1973; Ortega-Sada, 1987; Talavera *et al.*, 1988).

En los valles del Sil y el Miño es frecuente encontrarse con representantes mediterráneos en el matorral, como *Lavandula stoechas*, *Thymus* o *Salvia*, aunque son buenas productoras de néctar, no son lo suficientemente abundantes como para influir en la producción de miel. Junto a ellas suelen aparecer plantas importantes para la producción de polen como *Cistus psilosepalus*, *C. salviifolius*, *C. ladanifer* o incluso diversos representantes de *Halimium* o *Helianthemum*.

Sin duda en la última década es de resaltar la importancia que ha tomado el género *Rubus* para la producción de miel en nuestra comunidad autónoma. Se trata del principal tipo de miel monofloral que se produce. El género *Rubus* tiene en Galicia un gran número de especies e híbridos (Monasterio-Huelin, 1990; 1991), entre ellas *Rubus ulmifolius* es la más abundante (Weber, 1990). Estas plantas crecen



Figura 17. *Rubus ulmifolius* en flor.

en bordes de caminos, en los sotobosques y sobre todo en terrenos abandonados. Se trata de una planta que produce abundante néctar y polen. El periodo de floración comienza a finales de mayo y se extiende hasta mediados de agosto siendo una de las últimas plantas de interés en florecer. Su néctar es secretado en nectarios fácilmente accesibles y es muy apetecido por las abejas. Es de mencionar que *Rubus idaeus*, importante para la producción de miel en

algunas áreas europeas, sólo se cultiva en plantaciones experimentales de poca importancia.

Con respecto a las plantas que forman parte de la flora complementaria que las abejas utilizan para la producción de miel o para el mantenimiento de la colonia de abejas, son de nombrar algunas intensamente cultivadas en huertas y pequeños cultivos agrícolas. Así, son abundantes los representantes de las crucíferas, tanto del género *Brassica* como del género *Raphanus*. Coles, berzas, nabos, etc.. se plantan frecuentemente, bien como alimento humano, o con fines forrajeros. Su periodo de floración es bastante corto al comienzo de la primavera. Además los árboles frutales son elementos habituales en las proximidades de las viviendas. Los frutales de hueso (*Prunus* sp.) son muy frecuentes en las Rías Baixas y en las riberas del Miño y Sil en el sur de la provincia de Lugo, los manzanos (*Malus* sp.) y perales (*Pyrus* sp.) se cultivan de forma frecuente, en casi todas las huertas. Son plantas suministradoras de polen y néctar. *Prunus* es el primero en florecer a finales de marzo, a continuación lo hace el género *Malus* seguido de *Pyrus*. Todas sus flores, con corolas abiertas y numerosos estambres llevan un nectario circular de fácil acceso para las abejas.

Es de mencionar que una planta de elevado interés apícola en la Península Ibérica, como *Rosmarinus officinalis*, solo crece en nuestra comunidad como especie cultivada en setos y jardines o excepcionalmente asilvestrada.

Por último, algunas especies herbáceas de leguminosas, compuestas y boragináceas son muy frecuentes y tienen un gran interés para las abejas. De entre ellas es de destacar la presencia en las praderas de *Trifolium*, principalmente, *T. repens*, *Lotus*, *Taraxacum*, *Carduus*, *Centaurea*, *Senecio*, *Echium*, *Anchusa*, *Myosotis* y *Cynoglossum*. También algunas *Umbelliferae* (*Conium maculatum*, *Oenanthe crocata*...) o labiadas como *Teucrium scorodonia* o *Lamium*.

3. MIELES DE GALICIA: ESTUDIOS MÁS RELEVANTES

Los primeros estudios realizados a mieles gallegas, fueron reportados por Vieitez en 1950, y se refieren a las características palinológicas. Aunque desde entonces el nivel de identificación del polen y los métodos analíticos han sido mejorados, no se puede dejar de mencionar su labor pionera en este campo.

En la década de los años 80 y 90, varios autores abordan el estudio palinológico de mieles gallegas: Sánchez & Saénz, 1982; Terradillos, 1988, Jato & Iglesias, 1989; Aira *et al.*, 1990; Jato *et al.*, 1990, 1991; Jato *et al.*, 1992; Janeiro *et al.*, 1992; Seijo *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1993; Seijo, 1994; Jato *et al.*, 1995; Seijo *et al.*, 1997, 1998; Seijo & Jato, 1998.

En estos trabajos se han tipificado como mieles monoflorales: mieles de *Eucalyptus globulus* (Sánchez & Saénz, 1982; Terradillos, 1988; Seijo *et al.*, 1992; Seijo & Jato, 1998), mieles de *Castanea sativa* (Jato & Iglesias, 1989; Jato *et al.*, 1990, 1991; Jato *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 1993; Jato *et al.*, 1995; Seijo *et al.*, 1997; Seijo & Jato, 1998), mieles de *Rubus* (Seijo *et al.*, 1994; Jato *et al.*, 1995; Seijo & Jato, 1998), mieles de *Erica* (Aira *et al.*, 1990; Jato *et al.*, 1991; Seijo, 1994; Seijo & Jato, 1998), ocasionalmente mieles de *Cytisus* y *Lotus* (Terradillos, 1988; Jato & Iglesias, 1989; Seijo & Jato, 1998), mieles de Rosaceae tipo frutal (Terradillos, 1988) y mieles de *Echium plantagineum* (Sánchez & Saénz, 1982).

Más recientemente, otros autores han estudiado de forma puntual el espectro polínico de las mieles de Galicia (Seijo & Jato, 2001; Seijo *et al.*, 2001; Seijo *et al.*, 2003; De Sá Otero *et al.*, 2006; De Sá Otero & Armesto-Baztan, 2008; De Sá Otero *et al.*, 2011; Seijo *et al.*, 2011).

Los resultados de todos estos trabajos indican que las mieles de castaño se producen principalmente en las provincias de Lugo y Ourense, con una combinación en la mayoría de sus espectros polínicos de *Castanea-Rubus-Lotus-Adenocarpus-Campanula* (Jato *et al.*, 1991; Iglesias *et al.*, 1993; Seijo *et al.*, 1994, 1997). Las mieles de *Rubus* al igual que las de castaño son mieles cosechadas en el interior de la comunidad de Galicia, con una asociación de pólenes similar (Seijo *et al.*, 1994, 1997; Jato *et al.*, 1995). En las zonas costeras, principalmente de Pontevedra, las mieles que predominan son las de eucalipto, con una combinación polínica constituido por *Eucalyptus-Castanea-Rubus-Quercus* (Seijo *et al.*, 1995, 1998). Mientras que las de brezo están ligadas a zonas altas de montaña de la provincia de Ourense y Lugo, y los tipos polínicos que frecuentan sus espectros son *Castanea, Rubus, Eucalyptus, Echium* y tipo *Cytisus* combinados con las especies de *Erica* (Seijo, 1994).

En general, las combinaciones polínicas de las mieles gallegas estarán formadas básicamente por porcentajes importantes de polen de *C. sativa, Rubus,*

Erica, *Eucalyptus*, tipo *Cytisus*, *Lotus*, tipo *Scrophularia*, tipo *Campanula*, tipo *Trifolium* o *Echium*. La presencia de estos pólenes en más del 80% del espectro polínico de la miel, junto a la ausencia de la combinación polínica de taxones típicos de la vegetación mediterránea (*Cistus ladanifer-Lavandula-Olea-Helianthus*) es útil para su diferenciación geográfica (Seijo, 1994). Además pólenes como *Hedysarum coronarium*, *Hypocoum procumbens*, *Citrus*, etc... típicos de otras mieles españolas, no se han encontrado.

La miel producida en la Comunidad Autónoma de Galicia también ha sido objeto de numerosos estudios focalizados en sus características fisicoquímicas. Los primeros trabajos de este tipo datan de 1983 y se iniciaron con la determinación del contenido de agua (Simal *et al.*, 1983a) y la intensidad del color (Simal *et al.*, 1983b), como referentes de calidad. Más tarde se incluyó como criterios de calidad para la miel el contenido diastásico, el HMF y la acidez y varios estudios hacen referencia a estos parámetros (Huidobro & Simal, 1984a,b; Simal & Huidobro, 1984; Cavia *et al.*, 2007; Cavia *et al.*, 2008). Al mismo tiempo se analizó las cenizas y su relación con el color (Huidobro & Simal, 1984c) y más tarde se estudió en la calidad de la miel mediante la cuantificación de las enzimas diastasa, invertasa, catalasa y β -glucosidasa (Huidobro *et al.*, 1995; Sánchez-Castro *et al.*, 2001a; Sánchez-Castro *et al.*, 2002; Huidobro & Sánchez, 2005; Sánchez *et al.*, 2005).

Sin embargo, otros aspectos de la composición química de las mieles de Galicia fueron menos estudiados. Los trabajos que hacen referencia a la composición de los carbohidratos principales en la miel producida en esta comunidad se deben a Huidobro & Simal (1984d), García-Álvarez *et al.* (2000), Cavia *et al.* (2009). El contenido proteico y el perfil de algunos aminoácidos y ácidos orgánicos en relación al origen botánico de las mieles también fue estudiado por Rodríguez-Otero *et al.* (1990), Sánchez-Castro *et al.* (2001b), Mato *et al.* (2004), Mato *et al.* (2006a,b), Suárez *et al.* (2006). Latorre *et al.* (2000) relacionan el contenido mineral de las mieles y su origen botánico. La fracción mineral de mieles producidas en Galicia también ha sido descrita por algunos investigadores (Rodríguez-Otero *et al.*, 1994; Fernández-Torres *et al.*, 2005).

4. LA MIEL COMO ALIMENTO

Según la Norma de calidad relativa a la miel publicada en el BOE nº186 del 5 de agosto de 2003, se define a la miel como: “Sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* a partir del néctar de plantas o secreciones de partes vivas de plantas, que las abejas recolectan, transforman combinándolas con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en colmenas para que madure”.

Como la definición indica, la miel es un producto biológico complejo, en cuya elaboración intervienen activamente las abejas, cuya composición varía notablemente como consecuencia de la flora de origen, de la zona en la cual se produce y de sus características climáticas, y que sufre modificaciones con el transcurso del tiempo.

En la producción de la miel intervienen las plantas y las abejas. La planta aporta el néctar, el cual es una sustancia esencialmente azucarada, que además puede contener también pequeñas cantidades de aminoácidos, sales minerales, vitaminas, enzimas, etc. Junto al néctar, la planta aporta polen que, inadvertidamente, queda adherido al cuerpo de la abeja y cae dentro de las celdillas por el trasiego de dichas abejas. Este polen, que se mezcla con el néctar enriqueciendo la miel, será el que permita la diferenciación geográfica de la misma. La abeja por su parte, aporta secreciones ricas en enzimas. Tras depositar dicha mezcla en las celdillas, las abejas eliminan el exceso de agua mediante ventilación, hasta que la humedad es del 18% aproximadamente, momento en el cual puede considerarse que la miel está madura, y es operculada por las abejas, pasando a constituir parte de sus reservas alimenticias (Mateu *et al.*, 1996).

Una vez extraída de los panales y con el paso del tiempo, los compuestos químicos de la miel se transforman y simultáneamente se producen variaciones que afectan al color y la consistencia (Piana *et al.*, 1989; Mateu *et al.*, 1996). Así pues, bajo las características comunes dadas en la definición mencionada, cada miel presenta diversas peculiaridades que permiten identificarla y caracterizarla.

4.1. CALIDAD Y FRESCURA DE LA MIEL

El concepto de calidad de los productos agroalimentarios permite dos vertientes. Por un lado hace referencia a aquello que esperan del producto los consumidores, por lo tanto, un producto tendrá calidad en la medida que sea capaz de cumplir sus expectativas. Además el alimento debe cumplir la norma de calidad correspondiente, que le permita ser apto para el consumo humano.

Desde el punto de vista de la calidad alimentaria bromatológica de la miel, ésta debe ser la suma de calidades parciales: higiénica, sensorial u organoléptica, y otras como pueden ser, psicosocial, de uso, de trato, ambiental...(Pérez, 1999).

El mantenimiento de la calidad de una miel debe empezar desde el mismo momento en el que se instala la colmena, la correcta elección del emplazamiento del colmenar es esencial, y también la calidad sanitaria de las colmenas y la maduración de la miel antes de llevar a cabo su recolección (Chouza *et al.*, 2005). Asimismo, la calidad medioambiental del entorno o ecosistema se debe de tener en cuenta, dentro de ésta se incluye el clima, la flora y la presión humana (Salvachúa & Robles, 2003).

El asentamiento de las colmenas debe llevarse a cabo de un modo muy cuidadoso, la zona debe contar con buenas floraciones, escalonadas en el tiempo, para que las abejas no tengan problemas a lo largo de toda la campaña, las colmenas deben estar situadas siempre que sea posible en sitios soleados y protegidos de vientos fríos (Gayol, 1991).

Además de la contaminación biótica, la miel puede sufrir contaminación abiótica que tiene lugar a través del medio ambiente, por el aire, por el suelo, por el polvo o por las sustancias medicamentosas incluidas en la colonia. Dentro de este tipo de contaminación se encuentra la producida por metales pesados que puede tener lugar en las mieles que proceden de zonas industriales (Przybylowski & Wilczynska, 2001), y que también puede tener lugar debido a la acción de la lluvia ácida o por el efecto de los pesticidas empleados en los tratamientos fitosanitarios.

La única calidad que el consumidor puede evaluar es la calidad organoléptica, consiste en apreciar características que se perciben por los sentidos como pueden ser, aspecto, color, aroma, textura... Esto es importante, ya que la miel no se vende sólo por su valor alimenticio relacionado con el bienestar, sino que la miel también se vende por sus cualidades sensoriales tales como aspecto, olor, sabor consistencia y sobre todo por el encanto que los productos de cada origen específico ejercen sobre el consumidor (Piana *et al.*, 1989).

La norma de Calidad relativa a la miel (BOE nº 186 del 5 de Agosto de 2003), establece una serie de parámetros acerca de la composición y calidad de este producto. Las cualidades a cumplir se resumen principalmente en cuatro puntos, que a continuación se detallan.

A) **MADUREZ**

Azúcares reductores: la miel de flores debe tener un contenido en azúcares

reductores del 60% o más. Mientras que la miel de mielada y sus mezclas con miel de flores debe tener un contenido en azúcares reductores del 45% o más.

Sacarosa: el contenido en sacarosa en las mieles de flores en general no debe sobrepasar el 5 g/100g. Aunque en las mieles de acacia (*Robinia pseudoacacia*), alfalfa (*Medicago sativa*), Banksia de Menzies (*Banksia menziesii*), Sullá (*Hedysarum*), eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*), *Eucryphia lucida*, *Eucryphia milliganii* y *Citrus* sp. pueden alcanzar valores máximos de 10 g/100g. En mieles de espliego (*Lavandula* sp.) y borraja (*Borago officinalis*) está permitido hasta un valor máximo de 15 g/100g.

Humedad: el contenido de agua de las mieles debe tener un valor máximo del 20%, existiendo una excepción que es la miel de *Calluna* que puede tener un valor máximo del 23%.

B) LIMPIEZA

Sólidos insolubles en agua: se permiten valores del 0.1 g/100g como máximo, en general, en la miel prensada, se permiten valores de sólidos insolubles en agua de hasta 0.5 g/100g.

Minerales (cenizas): el contenido en cenizas no debe ser superior al 0.6%, con la excepción de la miel de mielada y sus mezclas con mieles de flores que pueden presentar valores de hasta el 1%.

Cuerpos extraños: la miel a granel no debe dejar residuos cuando pasa por un tamiz con malla de 0.5 mm de luz. Además la miel que se encuentra envasada, no debe dejar residuos cuando pasa por un tamiz de 0.2 mm de luz.

C) DETERIORO

Fermentación: en la miel no habrán empezado procesos de fermentación ni será efervescente.

Acidez libre: no será superior a 50 meq/kg.

Características organolépticas: la miel no presentará colores, sabores, ni olores que sean distintos a los propios de su procedencia botánica.

D) GRADO DE FRESCURA

La norma contempla el hidroximeltifurfural (HMF) y la actividad diastásica como marcadores de la frescura.

Actividad diastásica: tendrán un valor de 8 como mínimo en la escala de Gothe. Las mieles que tienen un bajo contenido enzimático deben tener un valor como mínimo de 3 en la escala de Shade, siempre que el contenido en HMF no tenga un valor superior a 15 mg/kg de miel. Diastasa es el nombre común de la enzima α -amilasa. La función de esta enzima es la digestión del almidón. La elevada presencia de esta enzima en la miel indica ausencia de sobrecalentamiento porque la diastasa se destruye con el calor.

Hidroximetilfurfural (HMF): no debe presentar un valor superior a 40 mg/kg de miel. Se trata de un compuesto que se forma fundamentalmente por deshidratación de la fructosa (levulosa) cuando ésta se encuentra en medio ácido, lo que siempre ocurre en la miel ya que tiene un pH en torno a 3.9 de media. La formación de HMF se acelera a medida que aumenta la temperatura.

4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MIEL

En cuanto a su composición química, la miel es un producto, compuesto esencialmente por azúcares, mayoritariamente fructosa, glucosa, maltosa y sacarosa, pero también con proteínas, ácidos orgánicos, vitaminas y sales minerales (Tabla 4).

Tabla 4. Composición nutricional media de la miel.

Componente (*)	100g
Energía (kcal)	304
Agua (g)	17.1
Hidratos de carbono (g)	82.4
Monosacáridos	69.5
Disacáridos	8.5
Otros azúcares	4.0
Proteínas (g)	0.3
Lípidos (g)	0.0
Minerales (g)	0.07
Vitaminas C (mg)	0.5
Otros componentes: Ácidos orgánicos, compuestos aromáticos, colina, etc (g)	< 0.1

(*) Fuente: USDA National Nutrient database

Aunque la cantidad de cada uno de estos componentes puede variar ampliamente, y depende del néctar, del origen botánico, de la localización geográfica, de las condiciones climáticas, de la época de recolección, del estado de madurez y de las técnicas de procesado y el almacenamiento (Anklam, 1998; Azeredo *et al.*, 2003; Ruoff *et al.*, 2007; Zandamela, 2008).

4.2.1. AGUA

El contenido en agua de una miel es una característica muy importante ya que influye en el peso específico, viscosidad y sabor, condicionando así la conservación, palatabilidad, solubilidad y en consecuencia el valor comercial de la miel (Crane, 1975). Este contenido está relacionado con numerosos factores, tales como: clima, la humedad ambiental y edáfica, la flora, zona geográfica y abundancia de la fuente de néctar, así como con las prácticas apícolas utilizadas para llevar a cabo su obtención y comercialización.

El contenido en agua de una miel madura se sitúa entre el 16% y el 18% en la mayoría de los casos, existiendo, sin embargo, excepciones como la miel de *Calluna* ya que habitualmente tiene un contenido mayor. Normalmente las abejas no empiezan a opercular los panales hasta que la miel alcanza esta concentración (16-18%). Sin embargo, en regiones de alta humedad y baja oscilación térmica diaria, debido a las condiciones climáticas propias de estas zonas, las abejas, pueden opercular los panales con una cantidad de agua superior al 18%, produciéndose así fermentación directamente en los panales.

La fermentación se debe a la actividad de las levaduras, sobre un producto cuya concentración de azúcares ya no es lo suficientemente elevada para limitar el crecimiento de estos organismos (Bogdanov *et al.*, 1999). Es por lo tanto, de gran importancia vigilar el contenido en agua de la miel, ya que cuanto más aumente mayor será el riesgo de fermentación.

A veces la fermentación se presenta precedida de una falsa cristalización. En este caso, la miel comienza a granular y se separa en dos fases. La inferior es sólida y se corresponde con los cristales formados a partir de los azúcares, mientras que la superior es líquida y presenta un contenido en azúcares menor que facilita el comienzo de la fermentación. En estos casos la fermentación comienza a las pocas semanas de formarse los primeros cristales (Seijo *et al.*, 1992).

Cuando el contenido en agua es demasiado bajo (por debajo del 15%) la miel alcanza una viscosidad elevada, siendo muy difícil de manipular. Las condiciones óptimas para la cristalización tienen lugar cuando el contenido en agua de la miel se sitúa en torno al 17.5% (Piana *et al.*, 1989).

4.2.2. CARBOHIDRATOS

La miel es la sustancia natural más compleja en azúcares, siendo los responsables del valor energético y de muchas de sus características fisicoquímicas. Representan del 95 al 99% de la materia seca de la miel (Bogdanov *et al.*, 2004; Ruoff *et al.*, 2007; Bogdanov *et al.*, 2008). La miel contiene principalmente los monosacáridos glucosa y fructosa, siendo la presencia de sacarosa normalmente inferior al 3% (Sabatini *et al.*, 1989; Sabatini *et al.*, 1990).

Algunos azúcares presentes en la miel proceden del néctar o del mielato, y otros se forman como consecuencia de los procesos enzimáticos (Crane, 1975; Anklam, 1998; Guadalix *et al.*, 2002), mientras que el clima y el origen geográfico afectan en menor medida (Crane, 1975).

El disacárido mejor representado es la maltosa y se encuentra presente en un porcentaje que se sitúa en torno al 7% (Bogdanov *et al.*, 2008). Otros azúcares cuantificados en la miel son, entre otros, erlosa, galactosa, trehalosa, maltotriosa, turanosa, palatinosa, celobiosa, isomaltosa y rafinosa (Pérez-Arquillué *et al.*, 1994; Guadalix *et al.*, 2002; Sanz *et al.*, 2004; Bogdanov *et al.*, 2008; Kaskoniene *et al.*, 2010), aunque son cuantitativamente poco importantes.

4.2.3. ÁCIDOS

Todas las mieles tienen pH ácido con un valor que se sitúa entre 3.5 y 5.5 de media (Bogdanov *et al.*, 2004), esto es debido a la presencia de ácidos orgánicos (algunos volátiles) y ácidos inorgánicos (clorhídrico, fosfórico). Uno de los más importantes es el ácido glucónico, que se forma a partir de la glucosa debido a la acción enzimática de la D-glucosa oxidasa. También están presentes en la miel otros ácidos de origen animal como el ácido fórmico y otros procedentes de las plantas libadas como pueden ser el ácido cítrico, el málico, el oxálico y el succínico (La-Serna *et al.*, 1999).

En la miel se pueden distinguir dos tipos de acidez, la acidez libre y la acidez lactónica o reserva de acidez. La acidez libre proporciona el valor de los ácidos orgánicos libres que se encuentran en la miel, mientras que la acidez lactónica el valor de los ácidos orgánicos combinados, lactonas, las cuales constituyen una reserva de acidez para la miel ya que pueden liberarse en caso de procesos de alcalinización. La acidez total es la suma de ambas.

La acidez toma valores más altos cuando la miel procede de zonas donde hay una floración importante de otoño, mezcla de ericáceas (brezo, *Calluna* y madroño) con castaños y mielatos de encinas y robles (Gómez-Pajuelo, 1996).

4.2.4. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

Son compuestos cuantitativamente poco importantes en la miel, con valores que se sitúan entre el 0.1% y 0.3%. Generalmente la cantidad en la miel está en relación a la cantidad de polen presente en ella. Algunos investigadores hacen referencia a la variación del contenido proteico según su origen botánico o geográfico (Anklam, 1998; Won *et al.*, 2008). Por ejemplo, las monoflorales de biércol (*Calluna vulgaris*) se caracterizan por presentar un elevado contenido de estos compuestos con valores situados en torno al 1-2%, por el contrario, existen mieles que poseen proteínas en niveles todavía más bajos, debido a que su contenido en polen es muy bajo, es el caso de las mieles de acacia (*Robinia pseudoacacia*), de cítricos (*Citrus*) y de tilo (*Tilia*).

El contenido medio de aminoácidos libres presentes en la miel está en torno al 35% de compuestos nitrogenados. Puede haber hasta un total de 27 aminoácidos distintos, dependiendo sus proporciones de su origen botánico. El mayor contenido es de prolina, alrededor de 60 mg/100g (Costa *et al.*, 1999). Este aminoácido se utiliza como indicador de madurez, si la miel ha sido recogida inmadura o si las abejas han sido alimentadas con azúcar comercial, el contenido en prolina será anormalmente bajo. Otro aminoácido importante es la fenilalanina, sobre todo en las mieles de *Salvia* que tienen un contenido elevado (De Luis, 1999). Además de estos, se han encontrado metionina, histidina, arginina, ácido aspártico, triptófano, serina, ácido glutámico, alanina, valina, isoleucina, tripsina o treonina (Sáenz & Gómez, 2000).

Entre las enzimas más importantes presentes en la miel, se encuentra la diastasa (α -amilasa) que es la responsable de la hidrólisis del almidón y procede del néctar, la invertasa (α -glucosidasa) que es la responsable del desdoblamiento de la sacarosa en fructosa y glucosa, y la glucosa oxidasa que interviene en la transformación de la D-glucosa, en presencia de oxígeno en D-gluconolactona que dará lugar a ácido glucónico y agua oxigenada, aumentando la acidez con el tiempo (Anklam, 1998; Bogdanov *et al.*, 2008). Existen además la catalasa y la fosfatasa ácida (Sáenz & Gómez, 2000).

4.2.5. LÍPIDOS

Son compuestos que prácticamente no existen en la miel, se encontraron pequeñísimas cantidades de esteroides, glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos tales como ácido palmítico, láurico, esteárico, miristoleico, linoleico, oleico (Sáenz & Gómez, 2000). Su cantidad está relacionada con el contenido en polen.

4.2.6. SALES MINERALES

El contenido en sales minerales es bajo (0.1-0.2%) y puede variar debido al origen botánico, condiciones edáfico-climáticas y técnicas de extracción (Feller-Demalsy *et al.*, 1989; Bogdanov *et al.*, 2008). Las variaciones en su contenido afectan a las características sensoriales y a la acidez.

En las cenizas se encuentran, fundamentalmente, potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso, cloro, así como trazas de boro, fósforo, silicio, bario, cromo, níquel, litio, zinc, plomo... (Ortiz, 1988). El que está en mayor proporción es el potasio (con valores en torno al 80% de la materia mineral total) seguido de: cloro, azufre, sodio, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, silicio, hierro y cobre.

Las proporciones de estos compuestos varían según el origen botánico y geográfico de la miel (Fernández-Torres *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2005; Nozal-Nadal *et al.*, 2005). Las mieles de mielato tienen un contenido en cenizas más elevado que las mieles de néctar. Aunque algunos investigadores afirman que las diferencias que presentan los diferentes tipos de miel en estos compuestos son debidos sólo al origen geográfico (Latorre *et al.*, 1999).

4.2.7. VITAMINAS

Están escasamente representadas en la miel y proceden fundamentalmente del polen y del néctar, toman valores entre 0.007 y 3.0 mg/100g de miel (Cardenal *et al.*, 1999).

Las vitaminas que se encuentran en mayor cantidad son las del grupo B (tiamina, riboflavina y piridoxina) y la vitamina C (ácido ascórbico) y en menor concentración se encuentran la A, D, E y K (Bogdanov *et al.*, 2008; León-Ruiz *et al.*, 2011).

4.2.8. COMPUESTOS FITOQUÍMICOS

Aproximadamente 500 compuestos volátiles han sido identificados en diferentes tipos de miel (Truchado, 2010). Los fitoquímicos más importantes en la miel son los compuestos fenólicos, que son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas y, presentan diversas funciones biológicas importantes para la salud (Havsteen, 2002). Los polifenoles se han mencionado por presentar capacidad antimicrobiana, antiviral, antimutagénica, anticancerígena y vasodilatadora (Peterson & Dwyer, 1998; Kuroda, 1999; Matito *et al.*, 2003; Pérez, 2003; Taguri *et al.*, 2006).

Algunos de estos compuestos se pierden a consecuencia de una inadecuada conservación (Amiot *et al.*, 1989), pero varios de ellos, como son los ácidos fenólicos o flavonoides son de gran interés para la tipificación de las mieles, ya que están relacionados con el origen botánico (Bogdanov *et al.*, 2008). Además, existen flavonoides (flavonas, flavonoles y flavononas) que influyen en las cualidades organolépticas de la miel y, contribuyen al color y sabor (Estevinho *et al.*, 2008).

Las sustancias polifenólicas presentes en la miel están consideradas como marcadoras del origen botánico de la miel (Tomás-Barberán *et al.*, 1993). Dentro de estas sustancias, destacan, la hesperetina en la miel de azahar y la apigenina en la miel de romero (Ferrerres *et al.*, 2003), la quercetina en la miel de girasol (Tomás-Barberán *et al.*, 2001), la myricetina, tricetina y luteolina en mieles de eucalipto (Martos *et al.*, 2000), los ácidos cafeico, *p*-cumárico y ferúlico en mieles de castaño (Cherchi *et al.*, 1994) y los ácidos elágico y benzoico en las mieles de brezo (Cherchi *et al.*, 1994; Ferreres *et al.*, 1996).

Estos compuestos también son responsables de la coloración de las mieles. En las mieles oscuras aparece una mayor cantidad de compuestos polifenólicos (Frankel *et al.*, 1998; Guadalix *et al.*, 2002; González-Miret *et al.*, 2005; Estevinho *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009).

Durante el almacenamiento de la miel se produce un aumento en su coloración, debido fundamentalmente a la formación de taninos en la miel y a la reacción de los azúcares reductores con sustancias que contienen nitrógeno, tales como aminoácidos, polipéptidos y proteínas, también participaría la inestabilidad de la fructosa en solución ácida y su caramelización (Simal *et al.*, 1983b).

4.3. PROPIEDADES SALUDABLES DE LA MIEL

La dieta tiene una gran influencia en el mantenimiento de la salud de la población y, por tanto, en su calidad de vida. Así pues, la tendencia a consumir una dieta idónea, basada tanto en el aporte íntegro de todos los nutrientes exigidos por los procesos fisiológicos propios del desarrollo, crecimiento y mantenimiento de las personas, como el cumplimiento de los criterios sobre seguridad alimentaria, aparece ahora perfeccionada por el concepto de alimentación óptima, que implica el aporte de alimentos capaces de suscitar dentro del organismo funciones promotoras de la salud y del bienestar, además de posibilitar alguna protección frente a ciertas enfermedades de tipo crónico (Bello-Gutiérrez, 2005).

Los alimentos que forman parte de la dieta contienen distintos nutrientes (agua, hidratos de carbono, lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y fibra) que tienen unas funciones específicas en nuestro organismo (energéticas, plásticas y reguladoras) y que son necesarios para que se lleven a cabo las funciones fisiológicas. De entre estos nutrientes, los llamados nutrientes esenciales deben de ser aportados por la dieta. Se trata de sustancias imprescindibles para el organismo que no puede sintetizar o, si lo hace, es en cantidades insuficientes para cubrir las necesidades, es el caso de los ácidos grasos y aminoácidos esenciales, las vitaminas y los minerales. Para la mayoría de estos nutrientes se han establecido las Raciones Dietéticas Recomendadas (RDA), entendiéndose por tal la ingesta mínima de nutriente esencial que se juzga adecuada para cubrir las necesidades de la mayoría de la población sana (Cuervo *et al.*, 2010).

Los alimentos además contienen otras sustancias que poseen diferentes funciones como son los antioxidantes, los neurotransmisores o los hipocolesterolémicos, que tienen efectos beneficiosos para la salud. Dicho beneficio debe de obtenerse cuando se consume el alimento en las cantidades habitualmente presentes en la dieta (Álvarez-Cruz & Bague-Serrano, 2011).

En este sentido podemos hablar de la miel como un alimento energético natural con una variada composición nutricional y al que se le atribuyen propiedades saludables. Entre las propiedades y virtudes que se le atribuyen destaca el promover la regeneración de las mucosas intestinales, estimular el crecimiento de nuevos tejidos y actuar como agente antiinflamatorio (The National Honey Board, 2002; Bogdanov *et al.*, 2008). Pero además se le atribuyen otras virtudes:

A) Antiséptica/antimicrobiana: la baja actividad de agua y la presencia de ácidos orgánicos y sustancias enzimáticas inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos por lo que la miel es un producto microbiológicamente seguro. En aplicación tópica la miel mejora la piel y puede ser útil para el tratamiento de procesos infecciosos como el acné debido a sus propiedades antibacterianas.

B) Antioxidante: los componentes de la miel que contribuyen a su capacidad antioxidante son: flavonoides, ácidos fenólicos, algunas enzimas, los ácidos orgánicos, la vitamina C o carotenoides, entre otros. En algunos tipos de miel la capacidad antioxidante es comparable a algunas frutas y vegetales.

C) Calmante: los componentes de la miel que puede tener especial relación con las funciones nerviosas y cerebrales son la colina y la acetilcolina que durante el proceso de elaboración la abeja incorpora a la miel.



JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Desde la antigüedad la miel ha sido utilizada por sus propiedades medicinales y nutricionales. Es un producto natural íntimamente ligado a su área de producción, ya que está elaborado por las abejas a partir del néctar de las flores, o bien del mielato que se deposita sobre los vegetales. Aporta gran cantidad de energía, debido sobre todo a la concentración de azúcares que contiene, mayoritariamente fructosa, glucosa, maltosa y sacarosa. Además, presenta en su composición compuestos proteicos, ácidos orgánicos, minerales, lípidos y vitaminas.

La gran variedad de compuestos nitrogenados (alcaloides, aminoácidos, enzimas, etc), carotenoides, polifenoles y vitaminas que contiene la miel, hace que se le atribuyan propiedades antioxidantes. Los principales compuestos responsables de esta actividad antioxidante son los polifenoles, de los cuales los flavonoides componen una parte importante. El estudio de la capacidad antioxidante de los alimentos y de su contenido fenólico ha cobrado gran importancia en los últimos años debido al efecto de estos componentes sobre la salud.

En el caso de la miel de Galicia, hay pocos trabajos que hagan referencia a su composición nutricional y a sus propiedades antioxidantes, lo que justifica el interés de su estudio. Con este trabajo, se pretende conocer la composición nutricional, las características fisicoquímicas y la presencia de compuestos de interés para la salud de las mieles que esta comunidad produce. Debido a que las abejas visitan una gran diversidad de especies vegetales para obtener la miel, es de esperar que muchas de las propiedades de la miel presenten una alta variabilidad. Por ello, los resultados obtenidos se relacionarán con el origen botánico de la miel. Su conocimiento puede contribuir a completar y mejorar la caracterización de la miel.

En general, la decisión de compra de los consumidores se basa en el precio, la costumbre y la propia publicidad del alimento en cuestión. Cada vez más estos consumidores demandan mayor información sobre las características del producto, sobre todo cuando se trata de mieles monoflorales, ya que pueden tener un mayor precio en el mercado. En este sentido, es necesario la realización de estudios que faciliten el conocimiento de las características de estas mieles, dado que la tipificación de algunos tipos de miel monofloral es un aspecto muy controvertido. Este conocimiento permitirá con el desarrollo de la legislación complementaria evitar posibles fraudes de comercialización.

Las mieles analizadas en este trabajo se han recogido en toda la geografía gallega, especialmente en aquellas áreas en las que la apicultura presenta un mayor desarrollo. Se han tomado muestras durante tres cosechas consecutivas

(2008, 2009 y 2010), ya que la meteorología influye directamente en la actividad de las abejas y en la floración de las plantas.

Para comprobar la calidad de las mieles gallegas, se ha tenido en cuenta la Norma de calidad relativa a la miel (BOE nº186 del 5 de agosto del 2003). Se ha utilizado el HMF y la enzima diastasa como indicadores del grado de frescura, la conductividad eléctrica y el color como indicadores de su posible procedencia botánica, y el pH y la humedad como indicadores de posibles alteraciones del producto. También se ha determinado la actividad de la enzima invertasa, ya que es un factor de calidad adicional. Por otro lado, se han cuantificado los azúcares, minerales, proteínas y lípidos. Finalmente, por las propiedades antioxidantes que la miel presenta fue medida la capacidad antioxidante mediante su acción sobre el 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), y también fueron cuantificados los compuestos polifenólicos y los flavonoides.

Los objetivos principales de esta *Tesis Doctoral* son:

- Analizar las mieles gallegas desde el punto de vista melisopalinológico y estudiar las diferencias que presentan los espectros polínicos de las muestras.
- Determinar las características fisicoquímicas de las mieles gallegas, así como su calidad comercial.
- Estudiar los componentes de interés nutricional de las mieles gallegas y el aporte energético.
- Conocer el contenido en polifenoles, flavonoides y la capacidad antioxidante de las mieles.
- Evaluar las diferencias de cada parámetro determinado según la procedencia de las mieles y el año de cosecha.
- Identificar mediante la aplicación de análisis estadísticos multivariante los parámetros analíticos de mayor utilidad para la tipificación de la miel.
- Tipificar la miel producida en Galicia, y evaluar si existen diferencias en su composición.



MATERIAL Y MÉTODOS

1. RECOGIDA DE MUESTRAS

Las muestras fueron proporcionadas directamente por los apicultores, y para ello se ha colaborado con el Consejo regulador de la Indicación Geográfica Protegida Miel de Galicia. La selección de las localidades para la toma de muestras se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Las características de la apicultura en Galicia y la importancia de la apicultura en las diferentes comarcas.
- 2) Las características orográficas, climáticas y de vegetación de cada comarca.
- 3) La posibilidad de obtener mieles monoflorales.

Teniendo en cuenta que las condiciones meteorológicas anuales afectan a la floración de las plantas y a su aprovechamiento por las abejas, se tomaron muestras durante tres cosechas consecutivas, correspondientes a los años 2008, 2009 y 2010.

Para cada muestra se elaboró una ficha técnica con los datos relevantes del colmenar de procedencia, tales como: situación geográfica y altitud, número de colmenas, época de producción de la miel, época de extracción, cantidad producida y tipo de miel según el apicultor.

Se han recogido un total de 199 muestras, de las que 43 procedieron de colmenares ubicados en la provincia de A Coruña, 70 de la provincia de Lugo, 52 de la provincia de Ourense y 34 de Pontevedra. 84 muestras fueron recogidas en la cosecha de 2008, 92 en la de 2009 y 23 en 2010 (Tabla 5). En el último año, el número de muestras es menor, porque la recogida se ha centrado principalmente en mieles monoflorales.

Tabla 5. Número de muestras recogidas por año y por provincia.

Provincia	2008	2009	2010	Total
A Coruña	22	17	4	43
Lugo	31	32	7	70
Ourense	20	25	7	52
Pontevedra	11	18	5	34
Total	84	92	23	199

Como se puede observar en la figura 18, en algunas comarcas de Lugo y Ourense se ha tomado un número de muestras mayor (más de 6 muestras en muchas de ellas), esto es debido a la importancia del sector apícola en las áreas de montaña de estas provincias.

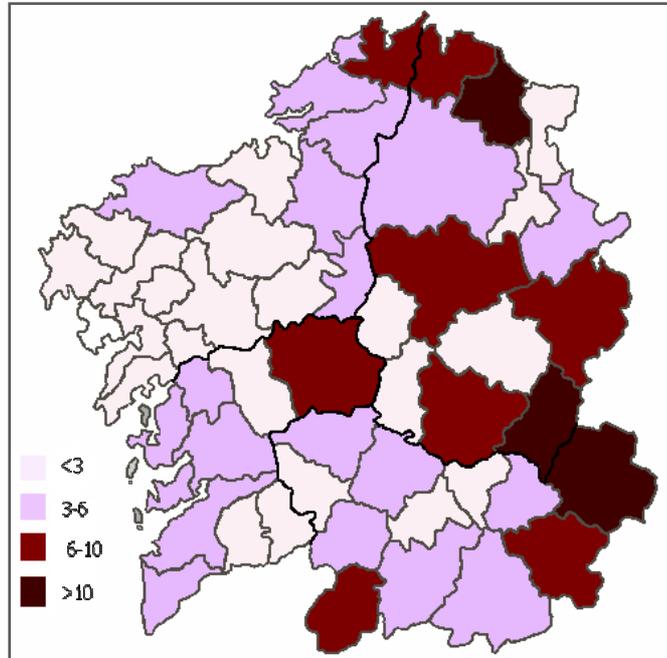


Figura 18. Rango del número de mieles recogidas por comarca en Galicia.

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se indican las localidades de cada provincia gallega en las que se sitúan los colmenares en las que se tomaron muestras, y la altitud de estos con respecto al nivel del mar.

Tabla 6. Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de A Coruña.

A Coruña		
Concello	Comarca	Altitud (m)
Negreira	A Barcala	390
Culleredo	A Coruña	175
Boimorto	Arzúa	550
Boiro	Barbanza	75
Laxe	Bergantiños	20
Carballo	Bergantiños	250
Betanzos	Betanzos	176
Vilarmaior	Betanzos	180
As Pontes	Eume	250
Monfero	Eume	120
San Sadurniño	Ferrol	200
Ferrol	Ferrol	80
Noia	Noia	50
Padrón	O Sar	175
Frades	Ordes	400
Cerdido	Ortegal	300
Ortigueira	Ortegal	45
Ortigueira	Ortegal	50
Mañón	Ortegal	400
A Baña	Santiago	280
Toques	Terra de Melide	500
Vimianzo	Terra de Soneira	350
Camariñas	Terra de Soneira	80

Tabla 7. Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Lugo.

Lugo		
Concello	Comarca	Altitud (m)
A Fonsagrada	A Fonsagrada	800
Palas de Rei	A Ulloa	600
Chantada	Chantada	450
Portomarín	Lugo	400
Friol	Lugo	550
O Corgo	Lugo	470
O Valadouro	Mariña Central	250
Foz	Mariña Central	100
O Valadouro	Mariña Central	140
Mondoñedo	Mariña Central	300
O Vicedo	Mariña Occidental	40
Cervo	Mariña Occidental	50
Cervo	Mariña Occidental	80
Viveiro	Mariña Occidental	20
Ribadeo	Mariña Oriental	200
Pol	Meira	500
Becerrea	Os Ancares	620
Cervantes	Os Ancares	950
Navia de Suarna	Os Ancares	700
Samos	Os Ancares	600
Ribas de Sil	Quiroga	300
Quiroga	Quiroga	450
Quiroga	Quiroga	700
Quiroga	Quiroga	660
Quiroga	Quiroga	600
Folgosos do Caurel	Quiroga	650
Folgosos do Caurel	Quiroga	460
Quiroga	Quiroga	800
O Incio	Sarria	850
Vilalba	Terra Cha	600
Guitiriz	Terra Cha	600
Xermade	Terra Cha	520
Sober	Terra de Lemos	420
Sober	Terra de Lemos	420
Pobra de Brollón	Terra de Lemos	380
Sober	Terra de Lemos	270

Tabla 8. Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Ourense.

Ourense		
Concello	Comarca	Altitud (m)
Vilar de Barrio	A Limia	600
Rairiz de Veiga	A Limia	700
Allariz	Allariz	500
Lobios	Baixa Limia	550
Muiños	Baixa Limia	600
Calvos de Randín	Baixa Limia	1050
O Irixo	O Carballiño	450
Carballiño	O Carballiño	380
Cortegada	O Ribeiro	350
Nogueira de Ramuín	Ourense	300
Taboadela	Ourense	590
Montederramo	Terra de Caldelas	1100
Celanova	Terra de Celanova	480
Poboa de Trives	Terra de Trives	700
Manzaneda	Terra de Trives	900
Vilamartin	Valdeorras	620
A Veiga	Valdeorras	700
A Veiga	Valdeorras	940
Vilamartin de Valdeorras	Valdeorras	680
Rubiá	Valdeorras	500
Oimbra	Verin	800
Riós	Verin	700
Viana do Bolo	Viana	700
Viana	Viana	1250
A Gudiña	Viana	780
O Bolo	Viana	800

Tabla 9. Relación de localidades muestreadas y altitud de los colmenares en la provincia de Pontevedra.

Pontevedra		
Concello	Comarca	Altitud (m)
Crecente	A Paradanta	300
Tomiño	Baixo Miño	60
Tomiño	Baixo Miño	100
Portas	Caldas	100
Agolada	Deza	600
Dozón	Deza	600
Lalin	Deza	650
Ponteareas	O Condado	150
Moaña	O Morrazo	150
Sanxenxo	O Salnés	50
Meaño	O Salnés	250
Meaño	O Salnés	150
Campolameiro	Pontevedra	240
A Lama	Pontevedra	500
Cerdedo	Tabeirós Terra de montes	380
Vigo	Vigo	125
O Porriño	Vigo	250
Vigo	Vigo	80

Cada una de las mieles se guardó en frascos de 1 kg debidamente etiquetados y se trasladaron al Laboratorio de Aerobiología y Apicultura de la Facultad de Ciencias de Ourense. Los parámetros de calidad fueron realizados en el momento de su entrada en el laboratorio y el resto de la miel fue almacenada a temperatura de refrigeración para posteriores análisis.

2. METODOLOGÍA

Para la obtención de los datos que constituyen la base de esta memoria se llevaron a cabo diferentes procedimientos analíticos. Se realizó un análisis melisopalinológico (cualitativo y cuantitativo), se estudiaron diferentes parámetros fisicoquímicos tales como: contenido en humedad, conductividad eléctrica, pH, color, contenido en hidroximetilfurfural (HMF) y la actividad diastásica e invertasa. Además se analizaron los nutrientes más importantes en la miel desde el punto de vista nutricional, como azúcares, lípidos, proteínas y minerales, y se calculó el valor calórico aportado de cada muestra. Debido a los beneficios para la salud de algunos componentes que se encuentran en la miel, se cuantificó el contenido en fenoles, flavonoides y su actividad antioxidante.

En este apartado se indica la metodología que se utilizó para la determinación de cada uno de los parámetros estudiados. Todas estas determinaciones se llevaron a cabo por duplicado.

2.1. ANÁLISIS MICROSCÓPICO

2.1.1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO

El análisis palinológico se realizó a microscopía óptica siguiendo la metodología propuesta por Louveaux *et al.* (1978), con algunas modificaciones. Mediante el análisis cualitativo se obtuvo el espectro polínico que indica en qué proporción se encuentran los granos de polen de distintas especies. El análisis cuantitativo permite calcular la riqueza polínica que indica la cantidad de polen por unidad de peso de la miel (Carretero, 1989).

2.1.1.1. ANÁLISIS CUALITATIVO

Esta técnica permite reconocer los distintos pólenes presentes en la miel, y por ello, cuáles son los tipos polínicos más importantes en las mieles y la existencia de elementos o combinaciones de elementos característicos que puedan actuar como indicadores geográficos (Feller-Demalsy *et al.*, 1989; Moar, 1985; Ricciardelli & Vorwohl, 1979). El espectro polínico que se obtiene durante este análisis es un reflejo de las plantas de interés apícola en el entorno del colmenar.

Material y aparatos

- Centrifuga de laboratorio *SIGMA LABORZENTRIFUGEN*.
- Tubos de centrífuga de capacidad de 50 ml.
- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Microscopio óptico *NIKON OPTIPHOT II*.

- Placa calefactora *BUNSEN* con control digital de temperatura.
- Portaobjetos pulidos (*KINDLER C/50*, 26 x 76 mm).
- Cubreobjetos (*MENZEL-GLÄSER C/200*, 24 x 24 mm).
- Micropipeta digital *SOCOREX ACURA® MANUAL 825* (10-100 µl).
- Material de vidrio de uso común.

Procedimiento de laboratorio

Para el análisis cualitativo se pesaron 10 g de miel y se disolvieron con agua destilada hasta un volumen final de 30 ml aproximadamente, a continuación se centrifugó a 4500 r.p.m. (3383 g) durante 10 minutos (primer centrifugado). Se decantó el sobrenadante, se llevó de nuevo hasta un volumen de 30 ml de agua destilada y se centrifugó a 4500 r.p.m. durante 5 minutos (segundo centrifugado). Una vez finalizado éste, se decantó el sobrenadante y se agitó el sedimento para homogenizarlo.

Seguidamente se calentó la placa calefactora hasta una temperatura aproximada de 65 °C. Con la micropipeta se tomó un volumen de 100 µl, que se depositó en un portaobjetos sobre la placa calefactora y se dejó secar. El sedimento se tiñó con una gota de gelatina glicerinada con fucsina, que se depositó sobre el cubreobjetos antes de su colocación en la muestra. Finalmente cada una de las preparaciones fue convenientemente etiquetada para favorecer el procesado de los datos.

La lectura de los granos de polen se realizó a microscopia óptica a 400X y 1000X en función de la dificultad de identificación de los pólenes. Para el recuento de cada uno de los distintos tipos presentes, se han prefijado líneas de recuento en cada preparación, de manera que, en todas las muestras, se leen por el mismo orden distintas líneas hasta alcanzar el mínimo de 800 pólenes por muestra.

Cálculos y expresión de los resultados

Una vez obtenidos los datos absolutos se procede al cálculo de los porcentajes relativos con el fin de componer el espectro polínico. Se utilizó la nomenclatura de Louveaux *et al.* (1970, 1978), para expresar la abundancia relativa de cada polen en la miel, agrupando los tipos polínicos en clases de dominancia:

- D: polen dominante, representa más de 45% del total.
- A: polen secundario, representa del 15% al 45% del total.
- I: polen importante, representa del 3% al 15% del total.
- R: polen minoritario, representa del 1% al 3% del total.
- P: polen presente, representa menos del 1% del total.

El origen botánico o floral de la miel es función de cada uno de los néctares que intervienen en su formación. Existe una relación entre el polen presente en la miel y los néctares que la originan. El reconocimiento del origen botánico de la miel, a partir del polen que contiene, es especialmente problemático, debido a las dificultades de establecer cuál es el número de granos de polen que forma parte de un volumen determinado de néctar. Este número de granos de polen por volumen de néctar es variable en función de la especie vegetal, la meteorología, del momento en el que el néctar se recoge, etc.

Se considera que si existe un polen dominante (> 45%), perteneciente a una especie nectarífera, la miel será monofloral. Para las mieles gallegas, teniendo en cuenta trabajos anteriores (Vieitez, 1951; Terradillos, 1988; Seijo *et al.*, 1992; Jato *et al.*, 1992; Seijo, 1994; Seijo *et al.*, 1997; Seijo & Jato, 1998; Seijo & Jato, 2001; Seijo *et al.*, 2001), los pólenes más representativos son los de especies que normalmente aparecen hiperrepresentadas. Así, se han considerado mieles monoflorales de *Castanea* y *Eucalyptus* cuando sus porcentajes de representación superaron el 70% (Louveaux & Vergeron, 1964; Serra-Bonheví, 1989; Sala-Llinares, 1991; Valencia-Barrera, 1991; Jato *et al.*, 1992; Seijo, 1994; Seijo *et al.*, 1997; Seijo & Jato, 1998; Seijo & Jato, 2001; Seijo *et al.*, 2001; La-Serna *et al.*, 2002; Seijo *et al.*, 2003). Las mieles monoflorales de *Rubus* y *Erica* se tipificaron así, cuando estos taxones sobrepasan el 45% de representación.

Identificación de los pólenes

Se utilizó como referencia la palinoteca confeccionada con la flora apícola gallega existente en el Laboratorio de Aerobiología y Apicultura de la Facultad de Ciencias de Ourense. Asimismo se utilizaron distintas guías y claves de identificación polínica (Punt, 1976; Moore & Webb, 1978; Punt & Clarke, 1980; Walter *et al.*, 1983; Valdés *et al.*, 1987; Punt & Clarke, 1984; Punt *et al.*, 1988; Punt & Blackmore, 1991). Una vez reconocido el polen se ha clasificado por su nivel taxonómico en especie, género o tipo. Este último indica una morfología afín para distintos géneros, principalmente dentro de una misma familia. Se nombran con género y especie aquellos pólenes que ciertamente se corresponden con una especie vegetal y se adopta el nombre genérico cuando el polen que se describe es común para varias especies de un mismo género.

2.1.1.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis polínico cuantitativo indica la presencia de mieles ricas o pobres en polen, lo que está directamente relacionado con la presencia de especies hiperrepresentadas o hiporrepresentadas. Las especies hiperrepresentadas son aquellas que se encuentran en porcentajes elevados en las mieles, por lo general ricas en polen. Pólenes de este tipo son los de pequeño tamaño (*Myosotis*,

Cynoglossum, *Castanea sativa*, *Mimosa pudica*) (Ferrazzi, 1992). Por el contrario, los pólenes hiporrepresentados son aquellos que aparecen en las mieles en escasa cantidad. La aportación correspondiente de néctar de esas especies en la miel es mayor que la proporción que indica su polen. De este modo: *Citrus*, *Lavandula*, *Rosmarinus*, *Salvia*, *Robinia*, *Tilia*, *Medicago*, *Epilobium*, Cucurbitaceae son pólenes que frecuentemente aparecen en bajo porcentaje (Louveaux *et al.*, 1978). Esto significa que las mieles de este origen botánico tendrán un contenido polínico bajo.

Material y aparatos

- Centrifuga de laboratorio SIGMA LABORZENTRIFUGEN.
- Tubos de centrifuga de capacidad de 50 ml.
- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Microscopio óptico NIKON OPTIPHOT II.
- Placa calefactora BUNSEN con control digital de temperatura.
- Portaobjetos pulidos (KINDLER C/50, 26 x 76 mm).
- Cubreobjetos (MENZEL-GLÄSER C/200, 24 x 24 mm).
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 825 (10-100 µl).
- Material de vidrio de uso común.

Procedimiento

Se pesó una cantidad precisa de miel (10 g) y se disolvió en 30 ml de agua destilada. La solución se centrifugó 10 minutos a 4500 r.p.m. (3383 g) y se extrajo el líquido sobrenadante con cuidado, dejando 1-2 cm por encima del sedimento. A continuación se dispersó el sedimento en agua destilada y se centrifugó de nuevo durante 5 minutos, también a 4500 r.p.m. Finalmente el sedimento resultante se llevó a un volumen final de 5 ml y se agitó para homogenizar la muestra.

De este volumen final se tomaron 10 µl, que se depositaron en un portaobjetos situado sobre la placa calefactora y previamente etiquetado con la identificación de la muestra. La alícuota se dejó secar en una placa calefactora con control digital de temperatura y se tiñó con gelatina glicerinada con fucsina. Así, las muestras quedaron listas para el recuento de los granos de polen a microscopía óptica (400X).

Cálculos y expresión de los resultados

Una vez que se tiene el número de granos de polen presentes en 10 µl de solución de miel y que a su vez provienen de 5 ml de solución de miel, se puede calcular el número de granos de polen que hay en 1 g de miel de la siguiente manera:

$$\frac{A \cdot 5 \text{ ml}}{0,01\text{ml}} = B \text{ granos de polen}$$

Siendo: A = el número de granos de polen presentes en 10 µl de solución de miel y que, a su vez, provienen de 5 ml de solución de miel.

B = el número de granos de polen presentes en 5 ml de solución de miel en donde hay una determinada cantidad de miel.

Por lo tanto en 1 g de miel tendremos:

$$\frac{B \text{ granos de polen}}{X \text{ gramos de miel}} = B \text{ granos de polen/g de miel}$$

Siendo: X = los gramos de miel que se utilizaron para hacer la solución de miel.

Una vez obtenido los datos en granos de polen por gramo de miel, se agruparon las muestras según las clases de Maurizio (Tabla 10).

Tabla 10. Clases de Maurizio para la riqueza polínica de la miel.

Clase de Maurizio	Granos de polen por gramo de miel
I	< 2000
II	2000 - 10000
III	10000 -50000
IV	50000 - 100000
V	> 100000

2.1.2. ELEMENTOS FÚNGICOS

La presencia de esporas de hongos, microalgas o royas fue señalada primeramente por Felhman (1911) como característica de mieles de mielada. Estas observaciones han sido confirmadas más tarde por varios autores (Zander, 1941; Gontarski, 1951; Maurizio, 1959) y más recientemente fueron publicados algunos trabajos sobre esporas de hongos presentes en la miel (Barth, 1971; Borowska & Demianovicz, 1972; Demianovicz *et al.*, 1972; Ferrazzi, 1984; Warakomska & Jaroszynska, 1992; Pérez-Sánchez *et al.*, 1997; Pérez-Atanes *et al.*, 2001; Dimou *et al.*, 2006; Seijo *et al.*, 2011).

Se han identificado y contado diferentes elementos fúngicos a microscopía óptica basándose en la metodología propuesta para el análisis cualitativo. Algunos

de estos elementos constituyen organismos muy abundantes y cosmopolitas. Su aparición en la miel puede ser debida a una contaminación secundaria en el interior de la colmena o durante el procesamiento o envasado. Otros pertenecen a hongos patógenos de plantas y su origen en la miel está relacionado con la procedencia botánica, ya que las abejas durante su pecoreo pueden recolectar mielada sobre las hojas o partes verdes de los vegetales.

Otras estructuras frecuentes en las mieles son las levaduras. Algunas de ellas dependen de la interacción entre néctar-producción-plantas y flores-visitante-insectos (Brysch-Herzberg, 2004; Herrera *et al.*, 2009). En el caso de las mieles de esta comunidad se pudo identificar la levadura *Metschnikowia* mediante microscopia óptica, ya que presenta una morfología muy característica. Algunas especies de esta levadura fueron descritas por Grüß (1917/1918) y Giménez-Jurado (1992), este último sugiere que *M. gruessii* es la especie más abundante en el néctar. Sin embargo, hay pocos estudios referidos a la presencia de levaduras en el sedimento de la miel (Magyar *et al.*, 2005; Seijo *et al.*, 2011).

Procedimiento

Para el recuento de los elementos fúngicos en las muestras de miel se utilizó la misma preparación de 100 µl que se realizó para el análisis cualitativo. Se anotó el número de elementos encontrados y para la relación con los granos de polen, se tuvo en cuenta el cómputo total de granos de polen de la línea de referencia leída.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron presentados en porcentaje siguiendo el mismo procedimiento que para los tipos polínicos identificados. También se utilizaron las clases de frecuencias propuestas para los granos de polen:

- D: elemento fúngico dominante, representa más de 45% del total.
- A: elemento fúngico secundario, representa del 15% al 45% del total.
- I: elemento fúngico importante, representa del 3% al 15% del total.
- R: elemento fúngico minoritario, representa del 1% al 3% del total.
- P: elemento fúngico presente, representa menos del 1% del total.

Identificación de los elementos fúngicos

Para la identificación de hongos se ha utilizado diferentes referencias bibliográficas como: Nilsson (1983), Grant-Smith (1990), Barnett *et al.* (2000). Mientras que la descripción y las características de la morfología de la levadura *Metschnikowia* fueron detalladas por Giménez-Jurado (1992).

2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Las determinaciones fisicoquímicas que se utilizan en los controles de calidad de la miel (humedad, conductividad eléctrica, pH) se llevaron a cabo siguiendo la metodología oficial de análisis para la miel (BOE 18 de Junio de 1986, n° 145). El HMF y el contenido enzimático (invertasa y diastasa), otros de los parámetros utilizados para evaluar la calidad de las mieles, se han determinado según los métodos propuestos por la *European Honey Commission* (Bogdanov *et al.*, 1997; Bogdanov, 2002) y por la AOAC (2005). A continuación se explica de forma detallada la metodología seguida en la determinación de cada uno de estos parámetros.

2.2.1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

La miel es un alimento de baja actividad del agua pero altamente higroscópica. El contenido depende del agua del néctar, del manejo apícola, de las condiciones ambientales y de la cosecha y del tratamiento posterior a la extracción (Fatorri, 2004).

Material y aparatos

- Refractómetro *ABBE URA-2WAJ-325*.
- Material de vidrio de uso común.

Procedimiento

Se colocó una gota de miel, directamente sobre el prisma del refractómetro y se obtuvo un valor de refracción para cada muestra. La medición debe realizarse a 20 °C, en caso contrario será necesario aplicar un factor de corrección antes de utilizar la tabla 11. Si el índice de refracción se mide a temperaturas por debajo de 20 °C debe restarse 0.00023/°C al valor hallado; si la temperatura está por encima de 20 °C se suma 0.00023/°C al índice de refracción medido.

Cálculos y expresión de los resultados

Utilizando la tabla de Chataway (1932) revisada por Wedmore (1955), se obtuvo el contenido en humedad expresado en tanto por ciento (Tabla 11).

Tabla 11. Relación entre el índice de refracción (IR) y el contenido de agua de la miel.

IR a 20°C	Contenido de humedad %	IR a 20°C	Contenido de humedad %
1.5044	13.0	1.4966	16.0
1.5038	13.2	1.4961	16.2
1.5033	13.4	1.4956	16.4
1.5028	13.6	1.4951	16.6
1.5023	13.8	1.4946	16.8
1.5018	14.0	1.4940	17.0
1.5012	14.2	1.4935	17.2
1.5007	14.4	1.4930	17.4
1.5002	14.6	1.4925	17.6
1.4997	14.8	1.4920	17.8
1.4992	15.0	1.4915	18.0
1.4987	15.2	1.4910	18.2
1.4982	15.4	1.4905	18.4
1.4976	15.6	1.4900	18.6
1.4971	15.8	1.4895	18.8
1.4890	19.0	1.4310	22.2
1.4885	19.2	1.4805	22.4
1.4880	19.4	1.4800	22.6
1.4875	19.6	1.4795	22.8
1.4870	19.8	1.4790	23.0
1.4855	20.0	1.4785	23.2
1.4860	20.2	1.4780	23.4
1.4855	20.4	1.4775	23.6
1.4850	20.6	1.4770	23.8
1.4845	20.8	1.4765	24.0
1.4840	21.0	1.4760	24.2
1.4835	21.2	1.4755	24.4
1.4830	21.4	1.4750	24.6
1.4825	21.6	1.4745	24.8
1.4820	21.8	1.4740	25.0
1.4815	22.0		

2.2.2. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La determinación de la conductividad eléctrica se basa en la medida de la resistencia eléctrica, siendo la conductividad el valor inverso de la resistividad. Este parámetro se ha utilizado desde hace tiempo para determinar el origen botánico de la miel de abejas, sobre todo en la discriminación entre mieles de mielada y mieles de néctar.

Material y aparatos

- Conductímetro *KNICK, Portamess® 913 X Cond*, Barcelona, España.
- Baño termostático *J. P. SELECTA S.A.*, Barcelona, España.
- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Material de vidrio de uso común.

Procedimiento

Se pesó una cantidad (m) de miel teniendo en cuenta la humedad de la muestra de miel, según la siguiente fórmula:

$$m = \frac{20 \times 100}{(100 - A) \times 4}$$

Siendo: m = los gramos de miel necesarios.
 A = el porcentaje de agua de la muestra de miel.

A continuación se disolvió la miel en agua destilada, recientemente hervida y se completó el volumen hasta 25 ml en un matraz aforado. Se vertió esta solución en un vaso de 50 ml y se puso en un baño termostático a 20 °C. Se introdujo la celda de medida en la solución de miel hasta que la temperatura alcanzó los 20 °C ± 0.5 °C. A continuación se realizó la lectura en milisiemens por centímetro (mS/cm) en un conductímetro previamente calibrado.

2.2.3. pH

El pH de la miel permite clasificarla de acuerdo con su origen botánico y geográfico (Bogdanov *et al.*, 2004). La miel es ácida, el pH de la miel de flores está comprendido entre 3.5 y 4.5 mientras que el pH de la miel de mielada, tiene un valor que puede estar comprendido entre 4.5 y 5.5. Este pH se debe a la presencia de ácidos orgánicos que contribuyen al sabor de la miel y a su estabilidad frente a la actividad microbiana.

Material y aparatos

- pHmetro *CRISON micro pH 2001*.
- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Material de vidrio de uso común.

Procedimiento

Para la medida del pH se utilizó la misma solución preparada para la determinación de la conductividad eléctrica. La medida se realizó con un pHmetro directamente sobre la solución de miel a 20 °C.

2.2.4. DETERMINACIÓN DE HIDROXIMETILFURFURAL

El hidroximetilfurfural (HMF) es un aldehído cíclico que se origina espontáneamente a partir de la fructosa en medio ácido, en un proceso lento y espontáneo que es acelerado por las altas temperaturas y por procesados inadecuados. Por lo tanto, permite evaluar el grado de frescura de la miel y juzgar sus condiciones de procesado y de almacenamiento. Para su determinación se utilizó el método AOAC (2006a) y Bogdanov (2002) basado en el método White (1979). Para ello se trató la miel con los reactivos Carrez I y II y se midió la absorbancia a 284 y 336 nm utilizando un espectrofotómetro UV-VIS de doble haz.

Material y aparatos

- Espectrofotómetro UV-VIS (*JENWAY 6505*).
- Cubetas de cuarzo de 1 centímetro de paso de luz.
- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital *SOCOREX ACURA® MANUAL 835* (0.5-5 ml).
- Micropipeta digital *SOCOREX ACURA® MANUAL 835* (1-10 ml).
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Carrez I (Panreac. Cod. 173355).
- Carrez II (Panreac. Cod. 173356).
- Sulfito ácido de sodio 40% (Panreac. Cod. 211642).

Soluciones

- Solución de sulfito ácido de sodio al 0.2%: se disolvieron 0.2 g de sulfito ácido de sodio 40% y se diluyó a 100 ml con agua destilada.
- Solución de sulfito ácido de sodio al 0.1%: se realizó una disolución (1:1) con agua destilada de la solución de sulfito ácido de sodio 0.2%.

Procedimiento

Se pesaron 5 g de miel en un vaso de precipitados, a continuación se disolvieron con 25 ml de agua destilada y se transfirieron a un matraz aforado de

50 ml. Seguidamente se añadió 0.5 ml de la solución Carrez I, se mezcló y se añadió 0.5 ml de la solución Carrez II, se volvió a mezclar y se diluyó hasta el enrase con agua destilada. En los casos en los que apareció espuma se eliminó añadiendo unas gotas de etanol. Se filtró con papel de filtro desechando los primeros 10 ml de filtrado.

En sendos tubo de ensayo de 18 x 150 mm se pipeteó 5 ml de los filtrados. Se añadió a uno de los tubos 5 ml de agua (muestra) y al otro se le añadieron 5 ml de la solución sulfito ácido de sodio (referencia). Se mezcló bien y se determinó la absorbancia de la solución muestra frente a la de referencia a 284 nm y a 336 nm.

En los casos en los que la absorbancia fue superior a 0.6, se diluyó la solución de la muestra con agua. La solución de referencia se diluyó en la misma proporción con una solución de sulfito ácido de sodio 0.1%, y se leyó nuevamente la absorbancia.

Cálculos y expresión de los resultados

El contenido de hidroximetilfurfural expresado en mg por 100 g de miel vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$\text{HMF (mg / 100 g)} = \frac{(A_1 - A_2) \times f \times 5}{P}$$

Siendo: A_1 = absorbancia medida a 284 nm.
 A_2 = absorbancia medida a 336 nm.
 P = peso en g de la muestra.
 f = 14.97 para expresarlo en mg/100g.

2.2.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ENZIMÁTICO

La presencia de enzimas en la miel representa una de las características distintiva de este alimento, mediante ellas es posible diferenciarla de los demás edulcorantes. Estos compuestos provienen de la abeja, del polen, del néctar y de microorganismos que pueden contaminarla (Fatorri, 2004). Entre las enzimas principales de la miel se encuentran la diastasa y la invertasa.

2.2.5.1. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DIASTÁSICA

La enzima diastasa es producida fundamentalmente por la abeja, aunque también aportan cantidades pequeñas de esta enzima, el polen y el néctar. El índice diastásico se utiliza en controles de calidad, principalmente como índice de frescura del alimento.

La determinación de la actividad diastásica se fundamenta en el método de Shade *et al.* (1958), modificado por White (1959) y Hadorn (1961) y se procedió según la técnica espectrofotométrica especificada en la AOAC (2006b). Esta técnica se basa en la velocidad de hidrólisis de una solución de almidón por la α -amilasa presente en una solución amortiguada de miel medida a una absorbancia de 660 nm. Los resultados se expresan en unidades Gothe o unidades Schade por gramo de miel (ID).

Material y aparatos

- Espectrofotómetro UV-VIS (JENWAY 6505).
- Baño termostático J. P. SELECTA S.A., Barcelona, España.
- Cubetas de 1 centímetro de paso de luz.
- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 835 (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.
- Cronómetro.

Reactivos

- Iodo resublimado (Panreac. Cod. 141771).
- Ioduro de potasio (Sigma-Aldrich. Cod. 30315).
- Acetato de sodio trihidratado (Panreac. Cod. 141632).
- Ácido acético glacial (Panreac. Cod. 141008).
- Cloruro de sodio (Panreac. Cod. 141659).
- Almidón (Carlo Ebra, Cod. 417585).
- Ácido clorhídrico 97% (Panreac. Cod. 141019).

Soluciones

• Solución patrón de iodo: se disolvieron 8.8 g de iodo resublimado, en 30-40 ml de agua destilada que contiene 22 g de ioduro de potasio, calidad para análisis, se diluyó hasta 1 l en un matraz volumétrico.

• Solución de iodo 0.02 N: se disolvieron 20 g de ioduro de potasio, en 30-40 ml de agua destilada. Esta solución se transvasó a un matraz de 500 ml y se le agregó 143 ml de la solución patrón de iodo. Por último se mezcló y se enrasó con agua estilada. Esta solución es estable como máximo un día.

• Solución de iodo 0.0007 N: se disolvieron 10 g de ioduro de potasio en 20 ml de agua destilada, se añadieron 2.5 ml de solución patrón de iodo y se diluyó hasta 250 ml en un matraz volumétrico. Esta solución sólo es estable durante 48 horas.

• Amortiguador de acetato pH 5.3 (1.59 M): se disolvieron 87 g de acetato de sodio trihidratado en 400 ml de agua destilada, se añadieron 10.5 ml de ácido

acético glacial en un poco de agua y se completó hasta 500 ml de volumen. A continuación se ajustó el pH a 5.3 con acetato de sodio o ácido acético, según convenga, utilizando pH-metro.

- Solución de cloruro de sodio 0.5 M: se disolvieron 14.5 g de cloruro de sodio en agua destilada hervida y se diluyó hasta 500 ml.

- Solución de almidón: se utilizó un almidón soluble cuyo índice de azul está comprendido entre 0.5 y 0.55. A continuación se pesó una cantidad de almidón soluble equivalente a 2 g de almidón anhidro (se comprobó previamente la humedad por desecación a 130 °C); se mezcló con 90 ml de agua y se puso a hervir rápidamente agitando continuamente la solución. Se dejó hervir suavemente durante tres minutos, una vez transcurrido el tiempo se tapó, y se dejó enfriar. Se trasvasó a un matraz volumétrico de 100 ml poniéndolo a continuación en el baño María a 40 °C hasta que el líquido alcance dicha temperatura y por último se completó hasta volumen a 40 °C.

- Determinación del índice azul: se disolvieron según el método anterior una cantidad equivalente a 1 g de almidón anhidro, se dejó enfriar la solución, se añadió 2.5 ml de amortiguador de acetato y se completó el volumen hasta 100 ml. En un matraz volumétrico de 100 ml, se vertieron 75 ml de agua, 1 ml de ácido clorhídrico 1 N y 1.5 ml de solución de iodo 0.02 N. A continuación se añadieron 0.5 ml de solución de almidón y se completó con agua destilada hasta volumen. Se dejó reposar una hora en la oscuridad y después se leyó la absorbancia en espectrofotómetro a 660 nm frente a un testigo que contiene todos los compuestos anteriores, excepto la solución de almidón. La lectura en la escala de absorbancia fue el índice de azul.

Procedimiento

Normalización de la solución de almidón

Se calentó la solución de almidón hasta 40 °C. Mediante una micropipeta se tomaron 5 ml de la misma, se añadieron a 10 ml de agua destilada a 40 °C y se mezcló bien. Con una micropipeta se vertieron 0.5 ml de esta mezcla en 5 ml de solución de iodo 0.0007 N, se diluyó con 20 ml de agua destilada y se mezcló bien. A continuación se leyó la absorbancia a 660 nm contra testigo de agua. La absorbancia debe ser 0.760 ± 0.02 por lo que en los casos necesarios se debió ajustar el volumen de agua añadido hasta obtener la absorbancia exacta.

Preparación de la solución de miel

Se pesaron 10 g de miel (que no fue previamente calentada) en un vaso de precipitados, se disolvieron en 20 ml de agua destilada y se le añadieron 5 ml de solución amortiguadora de acetato. Una vez disuelta y amortiguada la muestra,

se le añadió 3 ml de cloruro de sodio 0.5 M, se transvasó a un matraz de 50 ml y se enrasó.

Mediante una micropipeta, se depositaron 10 ml de solución de miel en dos tubos de una capacidad aproximada de 60 ml cada uno y se colocaron en baño María a 40 °C junto con el matraz que contiene la solución de almidón. Aparte se prepararon varios recipientes, de capacidad adecuada, con 10 ml de solución de iodo 0.0007 N cada uno y el volumen de agua obtenido en la normalización de la solución de almidón. Después de 15 minutos, se vertieron, con sendas micropipetas, 5 ml de agua destilada en un tubo con la solución de miel (blanco) y 5 ml de solución de almidón en el otro tubo que contenía solución de miel (problema). Se mezcló bien y se puso en marcha un cronómetro. Se tomaron 0.5 ml de la solución blanco y se vertió en uno de los recipientes que contenía la solución de iodo, éste fue el blanco de lectura.

A intervalos de cinco minutos, se sacaron porciones de 0.5 ml de la solución problema y se vertieron en los recipientes preparados anteriormente. Se mezclaron bien. A continuación, se determinó inmediatamente la absorbancia a 660 nm, en el espectrofotómetro frente al blanco de lectura. Seguidamente se tomaron alícuotas de 0.5 ml a intervalos conocidos de tiempo hasta lograr una absorbancia menor de 0.235.

Tabla 12. Tiempo estimado para que la muestra presente una absorbancia menor de 0.235 nm.

Absorbancia (5 min)	Tiempo aproximado (min)
0.70	30 ó más
0.65	25-30
0.60	16-20
0.55	13-15
0.50	11-12
0.45	9-10
0.40	8-9

La tabla 12 prevé aproximadamente el tiempo necesario para alcanzar el punto final, en función de la absorbancia medida en la lectura obtenida a los cinco minutos de realizar la mezcla.

Cálculos y expresión de los resultados

A continuación se calculó la ecuación de la recta de regresión entre la absorbancia y el tiempo, de ese modo se pudo determinar el tiempo (t) en el que la mezcla alcanza la absorbancia de 0.235.

$$ID = \left(\frac{60 \text{ minutos}}{t_x} \right) \times \left(\frac{0,10}{0,01} \right) \times \left(\frac{1,0}{2,0} \right) = \frac{300}{t_x}$$

Siendo: t_x = el tiempo en minutos requerido para alcanzar una absorbancia igual a 0.235.

ID = el índice de diastasas en la escala Gothe/Shade.

Observaciones

En aquellas muestras con $ID > 35$, sólo es necesaria una lectura a los cinco minutos si se toma suficientemente pronto otra muestra que proporcione una absorbancia aproximada a 0.20. Si se desea obtener resultados más exactos debe repetirse la determinación tomando muestras cada minuto. En muestras con ID bajo, se pueden espaciar las lecturas teniendo en cuenta la tabla de aproximaciones (Tabla 12).

2.2.2.5.2. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVERTASA

La actividad de la invertasa se determinó conforme al método de Signthaler (1977), más tarde adaptado por la *European Honey Commission* (Bogdanov *et al.*, 1997). Este método se basa en la medición espectrofotométrica de la descomposición de la p-nitrofenil- α -D-glucopiranosido (p-NPG) en p-nitrofenol y en glucosa por la α -glucosidasa (invertasa) a 400 nm. La reacción enzimática se detiene al ajustar el valor de pH a 9.5, transformándose el p-nitrofenol en su anión, el cual se corresponde con la cantidad de sustrato convertido.

Los resultados se expresan en unidades que se definen como el número de micromoles de sustrato que se catalizan por minuto en relación a un kg de miel. Finalmente, la actividad invertasa se expresa como el número de invertasa (IN).

Material y aparatos

- Espectrofotómetro UV-VIS (JENWAY 6505).
- Baño termostático J. P. SELECTA S.A., Barcelona, España.
- pHmetro CRISON *micro pH 2001*.
- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 835 (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Potasio dihidrógeno fosfato (Panreac. Cod. 141509).
- Disodio hidrógeno fosfato (Panreac. Cod. 122507).

- p-nitrofenil- α -D-glucopiranosido (p-NPG) (Sigma-Aldrich. Cod. N1377).
- Tris hidroximetil aminometano (Panreac. Cod. 141940).
- Ácido clorhídrico 97% (Panreac. Cod. 141019).

Soluciones

• Solución amortiguadora (0.1 M; pH = 6.0): disolver 11.66 g de potasio dihidrógeno fosfato y 2.56 g de disodio hidrógeno fosfato en agua y diluir hasta 1 l.

• Solución sustrato p-nitrofenil- α -D-glucopiranosido (p-NPG) 0.02 M: disolver 6.0252 g de pNPG en solución amortiguadora y llevar el volumen hasta 1 l. Disolver, pero sin calentar por encima de 60 °C la solución amortiguadora y enfriar.

• Solución limitante de la reacción (3M, pH = 9.5): disolver 363.42 g de tris hidroximetil aminometano en agua y diluir hasta 1 l. Ajustar a un valor de pH de 9.5 con ácido clorhídrico 3 M.

Procedimiento

5 g de miel se disolvieron con solución amortiguadora en un vaso de precipitados y se trasvasaron a un matraz, enrasando hasta un volumen final de 25 ml.

Al mismo tiempo 5 ml de solución sustrato se introdujeron en un tubo y en baño termostatzado a 40 °C durante 5 minutos. Posteriormente se añadieron 0.5 ml de solución de miel (en este momento comienza el tiempo).

Se mezclaron los contenidos brevemente en un agitador e incubaron a 40 °C. Después de exactamente 20 minutos, se añadió 0.5 ml de la solución limitante de la reacción y se mezcló de nuevo en un agitador (solución muestra).

Para la preparación del blanco se incubaron 5 ml de solución sustrato a 40 °C durante el mismo tiempo, después de 5 minutos se añadió 0.5 ml de solución limitante de la reacción. Se tapó el tubo, mezcló bien, y luego se añadió 0.5 ml de solución de miel. Se debe preparar un blanco para cada miel. A continuación se enfriaron, rápidamente, las soluciones hasta alcanzar la temperatura ambiente y se midieron las absorbancias de la muestra y el blanco a 400 nm.

La lectura debe realizarse después de 15 minutos, y en cualquier caso antes de 1 hora.

Cálculos y expresión de los resultados

La cantidad de p-nitrofenol en μM formada durante el experimento, corresponde exactamente con la cantidad de sustrato en μM utilizado. Así, la actividad invertasa en la miel, se calcula con la medida de la absorbancia a 400 nm y se puede indicar en unidades por kilogramo (U/kg).

$$1 \text{ U/kg} = 1\mu\text{mol p-NPG} / \text{ minutos} \times \text{kilogramo de miel}$$
$$\text{Invertasa en U/kg} = 6 \times 0.05 \times 0.05298 \times 10^4 \times \Delta A_{400} = 158.94 \times \Delta A_{400}$$

Siendo: U = una unidad internacional, con una definición de 1 μM por minuto.
 6 = factor para los ml de solución de muestra usados, (volumen total).
 0.05 = convierte el tiempo de reacción desde 20 minutos a 1 minuto.
 $0.05298 = 7.37/139.11$, que se corresponde con el factor de conversión de μg en μM por ml, donde 7.37 es el factor para p-nitrofenol y 139.11 es el peso molecular del p-nitrofenol.
 10^4 = convierte la cantidad de miel (0.1 g en 0.5 ml) a 1 kg.

La actividad invertasa, se expresa comúnmente, como número invertasa, (IN). El IN, indica la cantidad de sacarosa por gramo hidrolizada en una hora por las enzimas contenidas en 100 g de miel bajo las condiciones del experimento. La relación entre IN y ΔA_{400} es:

$$\text{IN} = 21.64 \times \Delta A_{400}$$

Siendo: 21.64 = es la pendiente de la regresión lineal de IN (eje y) y ΔA_{400} (eje x).

2.2.6. DETERMINACIÓN DEL COLOR

El color en la miel depende de su origen botánico, varía desde blanco agua casi transparente a un pardo oscuro castaño casi negro, debiendo ser uniforme en todo el volumen del envase. Además la tonalidad que presenta la miel es un factor importante desde el punto de vista comercial (Murphy *et al.*, 2000; Bogdanov *et al.*, 2004), especialmente en algunas mieles monoflorales.

Material y aparatos

- Baño termostático J. P. SELECTA S.A., Barcelona, España.

- Colorímetro *HANNA Honey Colour C221* (Woonsocket, Rhode Island, USA).
- Cubetas de plástico de paredes lisas de 1 cm de luz.

Reactivos

- Glicerina (*Glycerol HANNA instruments*. Cod. G509).

Procedimiento

La muestra, aproximadamente 4 ml de miel, se coloca en una cubeta de plástico cuyos lados son lisos. La miel debe de estar fluida para que la medida sea correcta, en el caso de las mieles cristalizadas o poco fluidas se calientan hasta 40 °C y se dejan reposar para eliminar las burbujas. Una vez clarificada la muestra el color se mide con el colorímetro, previamente calibrado con glicerina. El equipo proporciona el valor en milímetros usando la escala Pfund (Tabla 13).

Tabla 13. Escala (mm Pfund) establecida por la USDA para la medida del color de la miel.

Color	Milímetros
Blanco agua	0 - 8 mm
Extra blanco	8 - 16 mm
Blanco	16 - 34 mm
Ambar extra ligero	35 - 50 mm
Ambar ligero	51 - 84 mm
Ambar	85 - 114 mm
Oscuro	115 - 140 mm

2.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

2.3.1. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

El origen botánico es la causa que más influye en la composición de carbohidratos de la miel (Crane, 1975; Russo, 1992), siendo la glucosa y la fructosa los únicos monosacáridos de la miel, y estos azúcares, combinados de varias formas, comprenden la fracción di y trisacárida en la miel de néctar (Doner, 1977; Russo, 1992), siendo la maltosa, sacarosa o trehalosa los oligosacáridos más frecuentes.

La miel presenta una menor variabilidad en la composición de carbohidratos que el néctar o la mielada. Esto es debido a la hidrólisis de disacáridos, principalmente de sacarosa del néctar, resultado de la acción

enzimática de las secreciones provenientes de las abejas y posterior formación de nuevos azúcares. La miel de mielada contiene una mezcla de azúcares más compleja que la miel de néctar, teniendo más disacáridos reductores y azúcares complejos (Crane, 1975; White, 1975; Russo, 1992).

Los azúcares en la miel fueron determinados por cromatografía de intercambio aniónico de alta eficacia (HPAEC) mediante un cromatógrafo iónico *DIONEX ICS-3000 SP* (Sunnyvale, California, E.E.U.U.) con detector de pulso amperométrico (PAD). Este tipo de cromatografía fue desarrollada para la separación de carbohidratos en diferentes alimentos (Martínez, 2006) y aprovecha el carácter débilmente ácido de los carbohidratos y alcoholes del azúcar para proporcionar separaciones altamente selectivas a pH elevado, usando como fase estacionaria un fuerte intercambiador de aniones. La cantidad y calidad de los glúcidos eluidos dependerá de las características de la columna utilizada, del tipo de detector y de las condiciones de trabajo.

Material y aparatos

• Sistema de cromatografía para oligosacáridos *DIONEX ICS-3000 SP*, que consta de los siguientes componentes:

- Columna analítica *CarboPac PA1* (*Dionex* 4 × 250 mm) y guardacolumna (*CarboPac PA1 guard*, *Dionex*).
- Detector de pulso amperométrico (PAD) con Ag/AgCl ref.
- Bomba isocrática o de gradiente.
- Módulo de desgasificación de eluyentes.
- Detector electroquímico (*ED*) que contiene una celda de detección con un electrodo de trabajo de oro y un electrodo de referencia de pH-Ag/AgCl.
- Inyector.
- Adquisición de datos: *CHROMELEON Chromatography Management System*.

• Filtros SIMPEPURE NY 0.45 µm.

Reactivos

- Glucosa (Sigma. Cod. 47249).
- Fructosa (Sigma. Cod. 15760).
- Sacarosa (Sigma. Cod. 47289).
- Trehalosa (Sigma. Cod. 90208).
- Melecitosa (Sigma. Cod. M5375).
- Maltosa (Sigma. Cod. 47288).

Soluciones

- NaOH 200 mM: 10.5 ml de NaOH (50%; M=40 g/mol) disueltos en 1 l de agua mili-Q.
- NaOH 700 mM: 36.5 ml de NaOH (50%; M=40 g/mol) disueltos en 1 l de agua mili-Q.

Preparación de los eluyentes y patrones

El eluyente principal para el análisis consistió en una mezcla hidróxido de sodio:agua hasta una concentración de 200 mM. La solución fue desgasificada durante 10-15 minutos en un baño de ultrasonidos, esto es importante en la preparación del disolvente, ya que proporciona una línea base estable, tiempos de retención reproducibles y un buen funcionamiento de la bomba.

Una vez identificados los azúcares por sus tiempos de salida en el cromatograma se prepararon los patrones a diferentes concentraciones para la construcción de las rectas de calibrado. Se preparó una solución madre de 0.5 mg/ml para cada azúcar (fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, melecitosa y trehalosa) y a partir de esta solución se prepararon soluciones de diferentes concentraciones con el fin de poder hacer rectas de calibrado. El ajuste de las rectas de calibrado de cada patrón se ha realizado con cuatro inyecciones de cada concentración de azúcar preparado. Finalmente, la concentración de los diferentes azúcares en las muestras se calculó teniendo en cuenta su tiempo de salida en el cromatograma (Figura 19), el área que representaba y las rectas de calibrado ajustadas para cada azúcar. Los tiempos de retención, las rectas de calibrado y los límites de detección para cada azúcar se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Características analíticas de las curvas de calibración y límites de detección para el análisis de azúcares con *Dionex ICS-3000*.

Carbohidratos	RT (min)	Ecuación ^a	R ²	Límites de detección (mg/l)
Trehalosa	3.56	A = 1.1892C - 0.074	0.9929	0.25-10
Glucosa	12.16	A = 2.9837C + 1.3725	0.9968	10-45
Fructosa	13.9	A = 1.5319C + 4.4796	0.9966	10-45
Sacarosa	16.66	A = 1.3829C - 0.0369	0.9942	0.5-5
Melecitosa	24.09	A = 1.5523C - 0.1467	0.9977	0.15-4
Maltosa	36.88	A = 1.1713C - 0.7395	0.9960	0.5-10

^a C: mg/l; A: área del pico

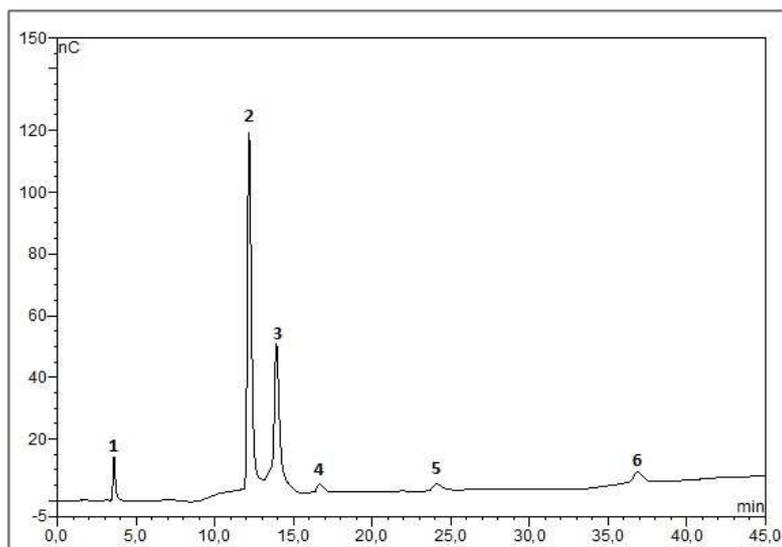


Figura 19. Cromatograma de los azúcares identificados mediante *DIONEX ICS-3000 SP*. 1: trehalosa (ppm); 2: glucosa (ppm); 3: fructosa (ppm); 4: sacarosa (ppm); 5: melecitosa (ppm); 6: maltosa (ppm). En el eje x se representa el tiempo de retención de los estándares y en el eje y la intensidad de la señal en nC.

Preparación de la muestra

1 g de miel se disolvió en 100 ml de agua mili-Q obteniendo una concentración de la solución de miel de 10 mg/l. A continuación se diluyó 1 ml de esta solución hasta un volumen final de 100 ml y de ésta se filtraron alrededor de 5 ml con un filtro de 0.45 μm de diámetro de poro, para eliminar cualquier posible impureza o granos de polen de gran tamaño que puedan interferir en la medida.

Condiciones de separación y detección

Las muestras fueron analizadas por *HPAEC-PAD* en un sistema de cromatografía iónica *DIONEX ICS-3000 SP*, equipado con un detector de pulso amperométrico. El sistema estaba equipado con una columna *CarboPac PA1* (polivinilideno/polivinilbenceno columna adecuada para mono-, di-, tri-, y el análisis de los oligosacáridos) (Tabla 15).

Tabla 15. Características de la columna *CarboPac PA1*.

Características	<i>CarboPac PA1</i>
Recomendaciones de aplicación	Análisis composicional de monosacáridos. Separación de homopolímeros lineales. Sacáridos purificados.
Composición de la resina	10 μm de diámetro de sustrato aglomerado de polivinilideno/polivinilbenceno
Capacidad de intercambio aniónico	100 μeq por columna de 4 x 250 mm
Recomendaciones de caudal	1ml/min (columna 4 x 250 mm)
Compatibilidad de pH	pH: 0-14
Compatibilidad de solvente orgánico	0-2%
Máxima presión	4000 psi (28 MPa)

Durante el análisis, el helio es burbujeado constantemente en el reservorio de la fase móvil para proporcionar una línea base estable, una mejor sensibilidad y para evitar la reabsorción de gases atmosféricos. Tanto la filtración de las muestras con filtros de 0.45 μm , como la desgasificación con helio de los eluyentes antes de su uso, constituyen prácticas generalizadas en el análisis por HPLC. También es frecuente el uso de una precolumna de idéntico relleno al de la columna analítica, que actúa como filtro para alargar la vida útil de ésta y asegurar resultados fiables y reproducibles.

Para estabilizar la temperatura del detector antes de su uso, se debe fijar la temperatura y mantener el flujo de fase móvil durante aproximadamente un par de horas, previamente a la inyección.

La muestra de miel a una concentración de 10 mg/l se separó con un gradiente de dos fases móviles (A y B). En la fase A, agua ultra pura, y en la fase B NaOH 200 mM. El flujo se fijó en 1 ml/min (Tabla 16).

La columna debe ser regenerada después de cada análisis, de lo contrario, el carbonato comenzará a contaminarla, independientemente del cuidado que se haya tenido en eliminarlo de los eluyentes. La regeneración de la columna se realizó mediante lavado con disolución de hidróxido sódico 700 mM (100% C) a un flujo de 1 ml/min. Este procedimiento también elimina otros contaminantes fuertemente enlazados a la columna, como péptidos y aminoácidos. Después del lavado, la columna fue re-equilibrada con una disolución de hidróxido sódico 200 mM a un flujo de 1 ml/min (en las mismas condiciones que las empleadas para la separación). El tiempo total empleado para la detección de los azúcares en cada muestra, teniendo en cuenta los procesos de regeneración, re-equilibrado de la columna, y cambios en la composición de la fase móvil, es de 60 minutos.

La cantidad de muestra inyectada de forma automática en el circuito del cromatógrafo fue de 10 µl. Los azúcares identificados por este método fueron fructosa, glucosa, sacarosa, trehalosa, melecitosa y maltosa.

Tabla 16. Condiciones utilizadas para la separación y detección de azúcares.

Eluyente A	Agua mili-Q
Eluyente B	200 mM NaOH
Eluyente C	700 mM NaOH
Flujo de eluyente	1 ml/min
Inyector de <i>loop</i> fijo	10 µl
Detección	PAD
Modo de detección	Amperometría integrada
Tiempo de adquisición de datos	60 minutos

Cálculos y expresión de resultados

A partir de las curvas de calibrado determinadas para cada patrón de azúcar y los tiempos de retención, se calcularon las áreas de los picos correspondientes a cada azúcar identificado en las muestras de miel. Los espectros fueron analizados mediante el *CHROMELEON Chromatography Management System* y el área cuantificada y extraída de este software fue incorporada en la recta de calibrado elaborada en *Microsoft Excel*. Los resultados de las concentraciones fueron expresados en porcentaje.

2.3.2. DETERMINACIÓN DE MINERALES

Los minerales presentes en la miel provienen casi exclusivamente del néctar (Fatorri, 2004), reaccionan con la materia orgánica presente formando compuestos pardos, que si abundan oscurecen la miel, por lo que cuanto mayor sea la cantidad de minerales en la miel, esta será más oscura (Gómez-Pajuelo, 2004). Los minerales también influyen en el sabor, puesto que se presentan en forma de sales y excitan las pupilas gustativas del salado.

La determinación de minerales en la miel se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Caroli *et al.*, 1999) previa digestión de la muestra. Estos análisis se realizaron en colaboración con el Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la Universidad de Vigo.

Material y aparatos

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica *VARIAN SPECTRA A-220 FAST SQUENCIAL*.
- Microondas *CEM MARSX press model*.
- Agitador ultrasónico.
- Material de vidrio de uso común.

Soluciones y reactivos

- Ácido nítrico.
- Peróxido de hidrógeno.
- Los patrones para las curvas de calibración se prepararon a partir de 1000 mg/ml de una solución madre de K, Ca, P, Mg, Na, Zn, Cu y Fe en 10% de ácido nítrico por dilución con agua desionizada de alta pureza.

Procedimiento

La extracción de minerales de la miel fue realizada por digestión en microondas según la metodología indicada en Caroli *et al.* (1999).

El estado físico de las muestras de miel, exigió una homogenización previa antes del análisis. Para sortear esta dificultad, se calentaron las muestras de miel suavemente a 50 °C aproximadamente y se disolvieron mediante agitación ultrasónica. Se tomaron alícuotas de 0.5 g de miel, se trasladaron en vasos de teflón a un horno de microondas (MW) en el que se sometieron a digestión.

Posteriormente se adicionaron 9 ml de ácido nítrico y 2 ml de peróxido de hidrógeno. Finalmente el residuo se enrasó a 25 ml con agua destilada y se cuantificaron por Absorción Atómica (Varian SpectrAA-220 Fast Squencial) el Mg, Cu, Ca, Fe, P y Zn y mediante Emisión Atómica el Na y K. Los resultados se expresaron en mg/100g.

2.3.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

El contenido de nitrógeno en la miel proviene sobre todo del polen que contiene, aunque también aportan nitrógeno los aminoácidos libres y las enzimas (Fatorri, 2004).

Para la determinación de las proteínas de la miel se ha seguido el método Kjeldahl para proteínas (AOAC, 2005), que se basa en la conversión del nitrógeno orgánico, presente en la muestra, en sulfato amónico, al hacerlo reaccionar con ácido sulfúrico.

Material y aparatos

- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Bloque metálico calefactor “*BLOC DIGEST 6*”. P. *SELECTA*. Cod. 4000629.
- Unidad de regulación de tiempo y temperatura “*Rat Regulating Unit*” P. *Selecta*.
- Tubos Kjeldahl de 42 mm de diámetro y 300 mm de alto. Cod. 4042300C.
- Unidad de destilación *PRO NITRO*. P. *SELECTA*. Cod. 4000627.
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Ácido sulfúrico 95-98% (Panreac. Cod. 141058).
- Pastillas de catalizador Kjeldahl (Cu-Se) (Panreac. Cod. 172926).
- Ácido bórico (Sigma-Aldrich. Cod. 31146).
- Ácido clorhídrico 37% (Panreac. Cod. 141020).
- Indicador mixto 4.4 Rojo de Metilo-Azul de Metileno (Panreac. Cod. 282430).
- Hidróxido sódico (Panreac. Cod. 141687).

Soluciones

- Solución hidróxido sódico 32%: pesar 32 g de hidróxido sódico y diluir en 100 ml de agua destilada.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N: 10 ml de ácido clorhídrico al 37% diluido en 1000 ml de agua destilada.
- Solución de ácido bórico 4% con indicador mixto: disolver 80 g de ácido bórico en aproximadamente 1800 ml de agua destilada, añadir 25 ml de indicador mixto, mezclar bien y finalmente enrasar hasta un volumen de 2000 ml.

Procedimiento

Se pesó 1 g de muestra desecada (bien homogenizada) y se sometió a dos procesos: una digestión y una destilación. La digestión consistió en envolver la muestra seca ya pesada en papel exento de nitrógeno e introducirla en un tubo de digestión, añadiéndole un catalizador de selenio y 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. La muestra se puso a digerir hasta que fue atacada toda la materia orgánica (hasta que la disolución estuvo totalmente clara, aproximadamente unas 5 horas). Se dejó enfriar y se añadió 50 ml de agua destilada. Posteriormente se destiló la disolución obtenida después de añadir hidróxido sódico hasta completar 100 ml, recogiendo el destilado en un matraz con 25 ml de la solución de ácido bórico 4% con indicador mixto. La destilación se mantuvo hasta que se

obtuvo un volumen sobre el matraz de 150 ml. Finalmente el destilado se valoró con ácido clorhídrico 0.1 N, pasando de un color verde a un color violeta claro.

Cálculos y expresión de resultados

Una vez obtenido el volumen de ácido clorhídrico gastado para cada muestra, el porcentaje de nitrógeno se calculó según la fórmula:

$$\%N_2 = [14.02 (V_m - V_b) N_{HCl}] / 10M$$

Siendo: V_m = volumen HCl gastado por la muestra.
 V_b = volumen de HCl gastado por el blanco.
 M = peso de la muestra

El porcentaje en nitrógeno se transforma en contenido proteico multiplicándolo por un factor de conversión:

$$\text{Proteínas} = 6.25 \times \%N_2$$

2.3.4. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS

Los lípidos presentes en la miel proceden fundamentalmente de las plantas y de restos de cera, siendo su contenido bajo. Este nutriente fue determinado por el método Soxhlet que cuantifica el nutriente en la materia seca mediante un extractor automático utilizando éter de petróleo como disolvente (AOAC, 2006c).

Material y aparatos

- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Batería manta calefactora 6 plazas. *SELECTA*. Cod. 6003296.
- Cartuchos de extracción de celulosa *FILTER-LAB* (26 mm x 60 mm) Cod. CC2660.
- Estufa de aire *MEMMERT*. Cod. PL001EM.
- Extractor Soxhlet. *MODELO SX-6. RAYPA*.
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Éter de petróleo (Panreac. Cod. 131315).

Procedimiento

Se pesaron aproximadamente 10 g de miel fresca en un crisol y se desecaron en una estufa a una temperatura mayor de 100 °C. Para obtener la miel

totalmente exenta de humedad debe de permanecer más de 48 horas a esta temperatura.

Una vez desecada la miel, se pesaron 5 g y se introdujeron en un cartucho de extracción, al que se le adjuntó el adaptador magnético para colocarlo en la unidad de extracción. Se pesaron los 6 cazos de extracción, limpios y secos (apuntando el peso exacto), y se llenaron con 25 ml de éter de petróleo, introduciéndolos posteriormente en los condensadores. Sumergiendo los cartuchos en el disolvente del cazo, comienza el proceso de extracción, a una temperatura de 100 °C y durante 1 hora aproximadamente, manteniendo la recirculación del éter a través de la muestra, de tal forma que la grasa caerá sobre los cazos. Después de este tiempo, los cazos se llevaron a una estufa a 103 ± 2 °C hasta la evaporación completa del disolvente, se enfriaron y finalmente se pesaron.

Cálculos

Los cálculos se obtienen por diferencia de peso de los cazos teniendo en cuenta el peso de la muestra:

$$\% \text{ lípidos} = (P_f - P_o) / P_m \times 100$$

Siendo: P_m = peso muestra.
 P_o = peso del cazo de extracción limpio.
 P_f = peso del cazo y los lípidos.

2.3.5. DETERMINACIÓN DEL VALOR CALÓRICO

El valor calórico o valor energético de un alimento es la energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno. En el caso de la miel, son los azúcares los principales compuestos que aportan esta energía.

Para la determinación del valor calórico de las mieles gallegas se tuvieron en cuenta los contenidos de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Los resultados se expresan en materia fresca.

Cálculos

Para el cálculo del valor energético se utilizaron los números de Atwater, (Atwater & Woods, 1896) que indican la energía expresada, en kilocalorías, aportada por gramo de nutriente (Tabla 17). El valor calórico de las muestras se determinó multiplicando el contenido proteico y de carbohidratos por 4 y el contenido lipídico por 9 y sumándose los tres valores se obtiene el valor calórico total.

Tabla 17. Números de Atwater para el cálculo del valor calórico.

Nutriente	Valor energético (kcal/g)
Proteínas	4
Hidratos de carbono	4
Lípidos	9

2.4. ESTUDIO DE COMPUESTOS SALUDABLES EN LA MIEL

2.4.1. CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas (Havsteen, 2002) y se caracterizan por presentar un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo (Harborne, 1993). Estos fitoquímicos están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y su presencia en el reino animal se debe a la ingesta de alimentos vegetales (Truchado, 2010).

Para la determinación de fenoles se utilizó el método de Folin-Ciocalteu propuesto por Singleton & Rossi (1965) y adaptado posteriormente por Singleton *et al.* (1999). Se trata de un método espectrofotométrico basado en la oxidación de los compuestos fenólicos de los ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico, formándose un complejo azulado que se mide a 765 nm. El contenido se expresó teniendo en cuenta un fenol de referencia, el ácido gálico.

Material y aparatos

- Espectrofotómetro UV-VIS (JENWAY 6505).
- Cubetas de 1 centímetro de paso de luz.
- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 835 (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Reactivo Folin-Ciocalteu (Panreac. Cod. 621567).
- Carbonato de sodio (Panreac. Cod. 141648).
- Ácido gálico (Panreac. Cod. 152830).
- Ácido acético glacial (Panreac. Cod. 141008).

Soluciones

- Disolución de carbonato de sodio: disolver 159 g de carbonato de sodio en 700 ml de agua caliente. A continuación, se deja enfriar y por último se completa hasta 1 l en un matraz aforado.

- Disolución referencia de ácido gálico 0.5 mg/ml: disolver 0.05 g de ácido gálico en agua destilada hasta un volumen final de 100 ml. Esta disolución se debe utilizar después de 48 horas.

Procedimiento

Se pesaron 10 g de miel que se diluyeron en 30 ml de agua destilada, obteniendo una solución de miel con una concentración de 0.33 g/ml. Para eliminar las burbujas ocasionadas por la agitación se añadieron 3 gotas de ácido acético glacial.

La solución de miel fue diluida hasta una concentración de 0.11 g/ml. De ésta se tomó 1 ml, se añadió 10 ml de agua, 1 ml de reactivo Folin-Ciocalteu, se agitó suavemente y se dejó reposar durante 2 minutos. A continuación se añadieron 4 ml de carbonato de calcio y se enrasó hasta 25 ml con agua destilada, se dejó en reposo durante 1 hora en oscuridad. Por último se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro a 765 nm.

Preparación de la curva de calibrado de ácido gálico

Para la determinación de fenoles totales en la miel se construyó una recta de calibrado a partir de una solución madre de ácido gálico de 0.50 mg/ml. Se prepararon distintas concentraciones de este patrón (0.01 – 0.50 mg/ml) hasta obtener la recta de calibrado que se muestra en la tabla 18. La metodología empleada fue la misma que se indica en el apartado anterior.

Tabla 18. Características de la recta de calibrado para fenoles.

Ecuación	R ²	Rango de concentración (mg/ml)
Abs = 84.641C + 0.0152	0.998	0.01-0.50
Abs: absorbancia; C: mg/ml		

La concentración de fenoles totales obtenida a través de esta recta de calibrado se expresó en miligramos equivalentes de ácido gálico por mililitro. Finalmente, teniendo en cuenta la cantidad de la miel utilizada, se expresó el contenido en fenoles en mg/100g.

2.4.2. CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES

Los flavonoides son compuestos fenólicos de gran variabilidad estructural, presentes en la mayoría de alimentos vegetales y en productos como la miel (Peterson & Dwyer, 1998; Truchado, 2010). La concentración de flavonoides totales fue medida por espectrofotometría utilizando como patrón de referencia la quercitina, se determinó utilizando el método de Dowd adaptado por Arvouet-Grand *et al.* (1994).

Material y aparatos

- Espectrofotómetro UV-VIS (JENWAY 6505).
- Cubetas de 1 centímetro de paso de luz.
- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 825 (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Quercitina (Alfa Aesar. Cod. A15807).
- Metanol (Sigma-Aldrich. Cod. 32213).
- Tricloruro de aluminio (Panreac. Cod. 15A709).

Soluciones

• Solución madre de quercitina 1 mg/ml: se disolvieron 100 mg de quercitina deshidratada en 100 ml de metanol. Esta preparación se debe conservar en la oscuridad y refrigerada.

• Solución patrón de quercitina de 0.1 mg/ml: se disolvieron 10 ml de la solución madre en 100 ml de metanol. Al igual que la solución madre de quercitina 1 mg/ml, se debe conservar en la oscuridad y refrigerada.

• Tricloruro de aluminio: se tomaron 10 g de tricloruro de aluminio y se disolvieron en 200 ml de metanol.

Procedimiento

Se diluyeron 10 g de miel fresca en 30 ml de agua destilada. Para homogenizar la muestra se agitó unos 2 minutos, y las burbujas ocasionadas por la agitación se eliminaron añadiendo 3 gotas de ácido acético glacial.

Para determinar los flavonoides se pipetearon 2 ml de la solución de miel que está en una concentración final de 0.33 g/ml, se añadieron 0.5 ml de tricloruro de aluminio y se enrasó a 25 ml con agua destilada en los mismos tubos de centrífuga. A continuación se dejaron en reposo en oscuridad durante 30

minutos y se leyó la absorbancia a 425 nm. Para el blanco se utilizó una mezcla de 2 ml de agua destilada, 0.5 ml de tricloruro de aluminio y se enrasó hasta 25 ml con agua.

Preparación de la recta de calibrado de la quercetina

Para determinar la cantidad de flavonoides se preparó una recta de calibrado a partir de una solución patrón de quercitina 0.1 mg/ml, de la cual se tomaron diferentes volúmenes para las diluciones (0.002 - 0.01 mg/ml) (Tabla 19). La obtención de las diferentes absorbancias de estas diluciones fue realizada con el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Tabla 19. Características de la recta de calibrado para flavonoides.

Ecuación	R ²	Rango de concentración (mg/ml)
Abs = 78.232C + 0.00461	0.998	0.002-0.01
Abs: absorbancia; C: mg/ml		

La concentración de flavonoides totales obtenido a través de esta recta de calibrado se expresó en miligramos equivalentes de quercitina por mililitro. Finalmente, teniendo en cuenta el peso de la miel, se calculó el contenido en mg/100g.

2.4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE OXIDACIÓN

El índice de oxidación es el tiempo de decoloración, medido en segundos, de una solución de permanganato de potasio 0.1 N por acción de los compuestos oxidantes de la miel. Para ello se utilizó la metodología propuesta para propóleos (Bedascarrasbure *et al.*, 2006), con pequeñas modificaciones, disolviendo una concentración de miel en una solución de alcohol.

Material y aparatos

- Balanza analítica SARTORIUS AG GÖTTINGEN, Alemania. GT 1100B-G.
- Micropipeta digital SOCOREX ACURA® MANUAL 835 (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.
- Cronómetro.

Reactivos

- Permanganato de potasio (Panreac. Cod. 191527).
- Ácido sulfúrico 95-98% (Panreac. Cod. 141058).
- Etanol (Panreac. Cod. 141086).

Soluciones

- Solución de permanganato de potasio 0.1 N: 2.3 g de permanganato de potasio se disolvieron en 1 l de agua destilada. La solución se debe guardar en frasco oscuro y es efectiva durante 3 meses.

- Solución de ácido sulfúrico 20%: 124 ml de ácido sulfúrico de peso específico 1.84 g/cm³ se disolvieron en 1 l de agua destilada.

- Solución agua:etanol (1:1).

Procedimiento

2 g de miel se diluyeron en 50 ml de la solución agua:etanol (1:1). Se filtró lentamente toda la solución de la muestra con papel de filtro. 2 ml de filtrado se depositaron en un tubo de ensayo, se añadió 1 ml de ácido sulfúrico al 20% y se agitó durante 1 minuto. A esta solución se le añadió una gota de permanganato de potasio 0.1 N, adquiriendo un color rosado. Al mismo tiempo que se depositó la gota, se contabilizó con cronómetro el tiempo (en segundos) que tarda en decolorarse la solución.

2.4.4. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante de la miel se determinó por el método de decoloración del DPPH. Este método consiste en la medida de la habilidad antiradical de los antioxidantes hacia el 2,2-difenil-1-picrilhidrazil que es un radical estable que presenta una intensa coloración violeta (Brand-Williams *et al.*, 1995; Sánchez-Moreno, 2002; Tabart *et al.*, 2009).

Material y aparatos

- Balanza analítica *SARTORIUS AG GÖTTINGEN*, Alemania. GT 1100B-G.
- Espectrofotómetro UV-VIS (*JENWAY 6505*).
- Cubetas de 1 centímetro de paso de luz.
- Micropipeta digital *SOCOREX ACURA® MANUAL 835* (0.5-5 ml).
- Material de vidrio de uso común.

Reactivos

- Metanol (Sigma-Aldrich. Cod. 32213).
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (Alfa Aesar. Cod. 044150).
- Ácido L (+) ascórbico (Sigma-Aldrich. Cod. 33034).

Soluciones

- Solución DPPH 0.0006 M: disolver 0.024 g de DPPH en 100 ml de metanol.
- Solución DPPH 0.00006 M: de la preparación anterior tomar 5 ml y diluirlo en 50 ml con metanol.
- Solución de ácido ascórbico 1 mg/ml: disolver 0.1 g de ácido ascórbico en 100 ml de metanol.

Procedimiento

Se prepararon soluciones de miel con una concentración de 0.1 g/ml en metanol (5 g de miel fresca se disolvieron en 50 ml de metanol). De esta solución de miel se tomaron 0.3 ml, se depositaron en un tubo y se añadieron 2.7 ml de la solución DPPH 0.00006 M. La solución resultante tomó una coloración violeta intenso, cuya intensidad fue decreciendo según la presencia de los componentes antioxidantes de la de miel. Al mismo tiempo se preparó un blanco, que en vez de solución de miel contenía agua destilada en el mismo volumen. Se agitó suavemente y se mantuvo en la oscuridad durante 30 minutos. Finalmente se midió la absorbancia a 517 nm.

Cálculos y expresión de los resultados

La actividad antioxidante de cada muestra fue calculada como el porcentaje de RSA (*radicals scavenging activity*) a través de la fórmula:

$$RSA = [(A_B - A_A) / A_B] \times 100$$

- Siendo:
- A_B = es la absorción de la solución del blanco.
 - A_A = es la absorción de la solución de la muestra de miel.

Los resultados de la actividad antioxidante también fueron expresados como la concentración media efectiva (IC_{50}) de un extracto, que es el contenido de antioxidante requerido para reducir la concentración inicial de DPPH a la mitad. El ácido ascórbico fue utilizado para la curva de calibrado y la concentración necesaria de la miel (IC_{50}) se expresó en mg/ml.

Curva de calibrado del ácido ascórbico

El ácido ascórbico fue preparado a diferentes concentraciones (0.0006 - 0.01 mg/ml) a partir de una solución madre de 1 mg/ml. La recta de calibrado se construyó en función de la absorbancia resultante de la decoloración de la mezcla de la solución del ácido ascórbico, en un rango de diferentes concentraciones, y el DPPH 0.0006 M (Tabla 20).

Tabla 20. Características de la recta de calibrado para el RSA (%).

Ecuación	R ²	Rango de concentración (mg/ml)
% RSA = 211.416 Abs - 0.000000000966	0.998	0-0.01
Abs: absorbancia		

3. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los datos obtenidos se sometieron a tratamiento estadístico utilizando los paquetes estadísticos *STATGRAPHICS Centurion 16.0* y *SPSS Statistic 19.0* para Windows.

3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Se procedió al estudio estadístico de los datos mediante un análisis de varianza por tratarse de datos que en su mayoría presentan una distribución normal. Este estadístico se aplica para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias cuando tenemos más de dos muestras o grupos en el mismo planteamiento. Primeramente se utilizó el test ANOVA de un factor para constatar si existen diferencias significativas entre las medias de las variables estudiadas en las muestras distribuidas por provincias y por año de cosecha.

Mediante la prueba F del ANOVA de un factor podemos analizar el cumplimiento de dos supuestos fundamentales, como son la normalidad y homocedasticidad. Los datos deben de distribuirse normalmente y poseer la misma varianza para cumplir estos dos supuestos. La homocedasticidad se puede constatar mediante la prueba de Levene, el cual permite contrastar la hipótesis de las varianzas poblacionales según el grado de significación ($p < 0.05$). Los datos que se presentan en este trabajo cumplen la distribución normal y la hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales. Por lo tanto, después se procedió a la comparación múltiple *post hoc* del análisis de varianza, asumiendo varianzas iguales según el test de Bonferroni, con un nivel de significación de $p < 0.05$. Las comparaciones múltiples nos permiten analizar que par de grupos de muestras independientes incluidas en el análisis son significativamente diferentes. El test de Bonferroni se basa en la distribución *t* de Student y en la desigualdad de Bonferroni (también conocido como método de Dunn o de Dunn-Bonferroni, 1961). Cada comparación se evalúa utilizando un nivel de significación mediante la diferencia entre el nivel de significación (α) y el número de comparaciones (k) llevadas a cabo ($\alpha_c = \alpha/k$).

Los resultados del ANOVA se evidenciaron mediante letras, que acompañan las tablas del análisis descriptivo de las diferentes determinaciones, así como los diagramas de cajas realizados. También se han estudiado las diferencias significativas entre las muestras según el tipo de miel. Estos resultados se ubican en los capítulos de *Resultados* y *Discusión*.

3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Con el objetivo de comprobar el grado de asociación que existe entre los diferentes parámetros analizados (microscópicas, fisicoquímicas, nutricionales y compuestos saludables de la miel), se realizó un análisis de correlación.

Se calculó el coeficiente de correlación mediante el test no paramétrico de Spearman. Este coeficiente de correlación varía entre -1 y 1, de manera que si la asociación entre las variables correlacionadas es elevada, el coeficiente se aproximará a la unidad. Si lo hace en el rango positivo (+1) significará que el incremento de la variable analizada favorecerá a la otra variable con la que se está correlacionando, y si el valor es negativo (-1) el efecto es el contrario. Se ha calculado el grado de significación para los intervalos de confianza del 90% ($p < 0.1$), del 95% ($p < 0.05$) y del 99% ($p < 0.01$).

3.3. ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Para la caracterización y diferenciación de las muestras de miel se han utilizado diferentes análisis multivariantes. Estos análisis se utilizan para simplificar una estructura de datos mediante la transformación de un conjunto de variables interdependientes en otro conjunto independiente o en un conjunto de menor dimensión. Entre los métodos incluidos en este análisis se encuentran el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de conglomerados o cluster (CA).

3.3.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales o también conocido como análisis de factores se utiliza para reducir un grupo numeroso de variables cuantitativas en un espacio de dimensión inferior. Los componentes principales se definen como el conjunto de combinaciones lineales ortogonales de las variables cuantitativas incluidas en el análisis que tienen la máxima varianza. Permite transformar las variables originales, en general correlacionadas, en nuevas variables no correlacionadas, facilitando la interpretación de los datos (Zandamela, 2008). Este procedimiento se realiza a través del análisis de la varianza y distancias entre las muestras y se usa frecuentemente antes de utilizar regresiones múltiples o análisis de conglomerados. De tal forma, que este estadístico muestra la variabilidad de un conjunto de datos, permitiendo una selección de las variables que mejor las diferencia y ordenarlas por importancia. La transformación lineal de los datos es necesaria para reducir la dimensionalidad espacial, de manera que el primer componente principal incluye la varianza de mayor tamaño del conjunto de datos, el segundo componente principal la siguiente mayor varianza, y así sucesivamente.

3.3.2. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

El segundo análisis multivariante aplicado ha sido el análisis de conglomerados. Se trata de una técnica que busca agrupar elementos o variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Es importante tener en cuenta la distancia utilizada, de forma que los objetos parecidos puedan juntarse para crear conglomerados de observaciones o variables. Cuando las observaciones son conglomeradas, la cercanía es medida por la distancia entre observaciones en el p -dimensional espacio de variables. Las distancias utilizadas fueron euclídeas cuadradas, que indican la distancia entre dos casos mediante la suma de las diferencias de los cuadrados entre los valores de cada variable. Este método es el más utilizado. La distancia euclídea es dependiente de las escalas en las que están medidas las variables y por tanto, los rangos de variación de los datos pueden afectar al análisis de conglomerados. Este problema se soluciona si en vez de calcular la distancia euclídea con puntuaciones directas se calcula con puntuaciones normalizadas. En el caso de las variables incluidas en el análisis existe variación en el rango de los datos, y como consecuencia se han normalizado los datos antes de su análisis, para eliminar el efecto de la escala de medida.

Por otra parte, el método utilizado en el análisis de conglomerados para medir la distancia entre clústers fue el método de Ward o método de la suma de cuadrados. Este método crea conglomerados, de tal manera que minimiza la suma de cuadrados total de las distancias dentro de cada clúster. Define la distancia entre dos conglomerados en términos del incremento en la suma de las desviaciones cuadradas, alrededor de la media del conglomerado, que ocurriría si los dos conglomerados estuvieran unidos (*StatPoint Technologies Inc.*, 2010).

Para representar la estructura jerárquica de la formación de los conglomerados se utiliza el dendrograma, un gráfico que tiene forma de árbol invertido. Los objetos similares se conectan mediante enlaces cuya posición en el dendrograma está determinada por el nivel de similitud o disimilitud entre los objetos.



RESULTADOS

A la hora de la exposición de los resultados, las muestras se han clasificado según su origen geográfico. De tal manera que se distribuyeron por provincia, reuniéndose 43 muestras producidas en A Coruña, 70 muestras en Lugo, 52 muestras en Ourense y 34 muestras en Pontevedra.

Los datos obtenidos se han presentado teniendo en cuenta el parámetro analítico estudiado. También se ha realizado un análisis descriptivo para la miel en función del año de la cosecha a la que pertenecen, 2008, 2009 o 2010.

1. ANÁLISIS MICROSCÓPICO

El análisis microscópico ha permitido contabilizar e identificar los diferentes granos de polen y otros elementos bióticos presentes en el sedimento de las muestras de miel.

1.1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO

1.1.1. TIPOS POLÍNICOS IDENTIFICADOS

En las 199 mieles recogidas a lo largo del período de estudio se han identificado 90 tipos polínicos diferentes, pertenecientes a 45 familias (Tabla 21). Las plantas de mayor interés apícola en Galicia pertenecen a las familias Fagaceae, Myrtaceae, Leguminosae, Rosaceae y Ericaceae.

Los tipos polínicos identificados reflejan la vegetación típica de Galicia. En este sentido los pólenes mejor representados en las mieles gallegas corresponden a plantas del estrato arbóreo y al matorral. Así, los tipos polínicos mayoritarios proceden principalmente de los individuos más representativos de nuestros bosques. Es el caso de *C. sativa* en las mieles del interior de Galicia y *Eucalyptus globulus* en las mieles de la zona costera. Otros pólenes de taxones arbóreos que aparecen frecuentemente son *Quercus* o *Salix*, ambos tienen una fuerte presencia en nuestro territorio, si bien su porcentaje en el espectro polínico de la miel suele ser bajo.

La importancia del matorral para la producción apícola de Galicia se deduce de la abundancia de distintas especies de la familia Leguminosae y Ericaceae. Es el caso del tipo polínico *Cytisus* en el que se incluyen los pólenes de plantas como: *C. striatus*, *C. multiflorus*, *C. scoparius*, *G. florida*, *G. triacanthos*, *Adenocarpus complicatus* y otras retamas abundantes en esta área geográfica. También son muy frecuentes las formaciones de brezal, sobre todo formado por *E. australis*, *E. umbellata*, *E. arborea* y *E. cinerea* aunque no es extraña la presencia de otros integrantes del género *Erica*.

Sin duda el tipo polínico más representativo de nuestras mieles es *Rubus*. Este género muy abundante en nuestra geografía, sobre todo en el ámbito rural y en terrenos de cultivo abandonados, tiene una buena producción de néctar lo que garantiza su presencia en la miel.

Otros tipos polínicos característicos pertenecen al estrato herbáceo y crecen en los pastizales y bordes de cultivos. Es el caso de *Trifolium*, *Echium*, *Plantago*, *Taraxacum*, *Campanula*, *Centaurea*...

La distribución de la población en Galicia en pequeños núcleos rurales, cuya actividad económica principal es la agricultura y la ganadería, ha favorecido la existencia de cultivos de autoconsumo en el entorno de estos núcleos. En ellos se cultivan básicamente Cruciferae, distintas Umbelliferae y una amplia variedad de frutales. A consecuencia de ello, es frecuente en las mieles de estas localidades la presencia de pólenes de tipo *Brassica*, tipo *Raphanus*, tipo *Conium maculatum*, tipo *Crataegus monogyna* y *Prunus*. Además en las mieles que proceden de las Rías Baixas no es extraña la presencia del polen de *Actinidia deliciosa*, ya que es una especie que se cultiva frecuentemente.

Los pólenes pertenecientes a plantas más características de la vegetación mediterránea como son: tipo *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas* o *Rosmarinus officinalis*, son poco abundantes en las mieles gallegas y rara vez superan el 1% del espectro polínico. Lo mismo sucede con el polen de *Helianthus annuus*.

Robinia pseudoacacia y *Acacia* son plantas invasoras, que cada vez son más abundantes en el territorio gallego, por ello, no es raro que sus pólenes formen parte del sedimento de la miel.

Tabla 21. Familias y tipos polínicos identificados.

Familia	Tipo polínico	Familia	Tipo polínico
Actinidiaceae	<i>Actinidia deliciosa</i>	Leguminosae	<i>Acacia</i>
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>		<i>Lotus</i>
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>		<i>Robinia pseudoacacia</i>
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i>		Tipo <i>Cytisus</i>
	<i>Betula</i>		Tipo <i>Trifolium</i>
Boraginaceae	<i>Anchusa</i>	Tipo <i>Vicia</i>	
	<i>Cynoglossum</i>	Liliaceae	<i>Allium</i>
	<i>Echium</i>		<i>Simethis planifolia</i>
	<i>Lithodora</i>	Lythraceae	<i>Lythrum</i>
	<i>Myosotis</i>	Malvaceae	<i>Malva</i>
Campanulaceae	Tipo <i>Campanula</i>	Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i>	Oleaceae	<i>Olea europaea</i>
Caryophyllaceae	Tipo <i>Silene</i>		Tipo <i>Ligustrum</i>
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>
Cistaceae	<i>Cistus psilosepalus</i>	Palmaceae	<i>Palma</i>
	<i>Cistus salvifolius</i>	Papaveraceae	Tipo <i>Papaver</i>
	<i>Helianthemum</i>	Pinaceae	<i>Pinus</i>
	Otros <i>Cistus</i>	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>
	Tipo <i>Cistus ladanifer</i>	Poaceae	Otras <i>Poaceae</i>
	Tipo <i>Halimium</i>		<i>Zea mays</i>
Compositae	<i>Centaurea</i>	Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>
	Tipo <i>Anthemis</i>		<i>Rumex</i>
	Tipo <i>Bellis</i>	Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>
	Tipo <i>Carduus</i>	Resedaceae	<i>Sesamoides</i>
	Tipo <i>Helianthus annuus</i>		<i>Reseda</i>
	Tipo <i>Taraxacum officinale</i>	Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	Rosaceae	<i>Rubus</i>
Cruciferae	Tipo <i>Brassica</i>		<i>Sanguisorba</i>
	Tipo <i>Capsella bursa-pastoris</i>		Tipo <i>Crataegus monogyna</i>
	Tipo <i>Raphanus</i>		Tipo <i>Potentilla</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>		Tipo <i>Prunus</i>
Ericaceae	<i>Calluna vulgaris</i>	Rubiaceae	Tipo <i>Galium aparine</i>
	<i>Erica arborea</i>	Rutaceae	<i>Citrus</i>
	<i>Erica australis</i>	Salicaceae	<i>Salix</i>
	<i>Erica umbellata</i>	Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>
	Otros <i>Erica</i>		<i>Digitalis</i>
Tipo <i>Erica cinerea</i>		Tipo <i>Scrophularia</i>	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>		<i>Verbascum</i>
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	Solanaceae	<i>Solanum</i>
	<i>Quercus</i>	Umbelliferae	Tipo <i>Conium maculatum</i>
Guttiferae	Tipo <i>Daucus carota</i>		
Labiatae	<i>Teucrium scorodonia</i>		Tipo <i>Smyrniolum olusatrum</i>
	Tipo <i>Lavandula stoechas</i>	Urticaceae	Tipo <i>Urtica</i>
	Tipo <i>Mentha</i>	Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>
Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>			
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>		

1.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO

En las mieles de la provincia de A Coruña se han identificado 68 tipos polínicos, que pertenecen a 35 familias diferentes. En las tablas 22 y 23 se muestran las clases de frecuencia de los tipos polínicos identificados, el porcentaje de presencia en las muestras y el valor máximo alcanzado en los espectros polínicos de las mieles de este origen geográfico. Se han encontrado 12 familias en más del 50% de las muestras, destacan sobre todo Fagaceae, Leguminosae, Rosaceae y Myrtaceae.

El tipo *Trifolium*, *C. sativa*, tipo *Cytisus*, *Rubus* y *Eucalyptus* se han identificado en más del 95% de las muestras. Le sigue en frecuencia de representación otras especies de *Erica*, *Echium*, el tipo *E. cinerea*, *Salix*, *E. umbellata*, *Centaurea* y *E. arborea*, presentes en más del 65% de las muestras.

Los pólenes que han alcanzado la categoría de dominante (D) han sido *C. sativa*, *Rubus* y *Eucalyptus*, siendo además los que presentaron los porcentajes máximos en los espectros polínicos, de 87.9%, 73.1% y 75.8%, respectivamente. También cabe resaltar la presencia de pólenes de tipo *Cytisus*, *Salix*, *E. umbellata*, *E. arborea* y *E. australis* como pólenes secundarios (A) y con valores máximos superiores al 18%.

Otros tipos polínicos importantes (I) han sido *Trifolium*, otras especies de *Erica*, *Echium*, tipo *E. cinerea*, tipo *Brassica*, *Quercus*, *E. australis*, *Lotus* y *Acacia* (Tabla 22). Estos dos últimos, aunque son poco frecuentes en las muestras de A Coruña, se han identificado en dos muestras con porcentajes superiores al 3%.

Como pólenes raros o esporádicos (R) se puede mencionar a: *Centaurea*, *Plantago*, tipo *C. maculatum* y tipo *Prunus* o también *Sesamoides*, tipo *Crataegus monogyna*, *H. helix*, *C. vulgaris*, *C. psilosepalus*, *Lythrum* o *Lithodora*.

El resto de tipos polínicos apenas han aparecido en el sedimento de las mieles. En su mayoría se incluyen como polen presente (P) (Tabla 23).

Tabla 22. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia A Coruña (N = 43).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Leguminosae	Tipo <i>Trifolium</i>	24	13	6	-	-	100.0	7.7
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	2	-	3	20	17	97.7	87.9
Leguminosae	Tipo <i>Cytisus</i>	6	13	19	4	-	97.7	25.1
Rosaceae	<i>Rubus</i>	3	3	19	14	3	97.7	73.1
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	3	6	11	15	6	95.3	75.8
Ericaceae	Otras <i>Erica</i>	21	11	4	-	-	83.7	7.0
Boraginaceae	<i>Echium</i>	20	7	6	-	-	76.7	9.8
Ericaceae	Tipo <i>Erica cinerea</i>	20	6	6	-	-	74.4	10.0
Salicaceae	<i>Salix</i>	22	5	2	1	-	69.8	18.9
Ericaceae	<i>Erica umbellata</i>	10	9	9	1	-	67.4	27.3
Compositae	<i>Centaurea</i>	24	3	-	-	-	62.8	2.7
Ericaceae	<i>Erica arborea</i>	15	4	7	1	-	62.8	23.1
Cruciferae	Tipo <i>Brassica</i>	17	7	2	-	-	60.5	5.5
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	24	2	-	-	-	60.5	1.4
Fagaceae	<i>Quercus</i>	19	4	1	-	-	55.8	5.5
Scrophulariaceae	Tipo <i>Scrophularia</i>	24	-	-	-	-	55.8	0.8
Poaceae	Otras <i>Poaceae</i>	22	-	-	-	-	51.2	0.3
Umbelliferae	Tipo <i>Conium maculatum</i>	18	3	-	-	-	48.8	1.3
Rosaceae	Tipo <i>Prunus</i>	19	1	-	-	-	46.5	2.5
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	19	-	-	-	-	44.2	0.7
Ericaceae	<i>Erica australis</i>	12	1	3	1	-	39.5	23.9
Resedaceae	<i>Sesamoides</i>	13	1	-	-	-	32.6	2.9
Rosaceae	Tipo <i>Crataegus monogyna</i>	12	2	-	-	-	32.6	1.1
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	12	1	-	-	-	30.2	1.6
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i>	13	-	-	-	-	30.2	0.5
Compositae	Tipo <i>Carduus</i>	13	-	-	-	-	30.2	0.5
Labiatae	Tipo <i>Mentha</i>	10	-	-	-	-	23.3	0.9
Ericaceae	<i>Calluna vulgaris</i>	8	1	-	-	-	20.9	1.1
Leguminosae	Tipo <i>Lotus</i>	5	2	1	-	-	18.6	3.7
Campanulaceae	Tipo <i>Campanula</i>	7	-	-	-	-	16.3	0.9
Cistaceae	<i>Cistus psilosepalus</i>	6	1	-	-	-	16.3	1.2
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	7	-	-	-	-	16.3	0.6
Poaceae	<i>Zea mays</i>	7	-	-	-	-	16.3	0.2
Cruciferae	Tipo <i>Raphanus</i>	6	-	-	-	-	14.0	0.8
Solanaceae	<i>Solanum</i>	6	-	-	-	-	14.0	0.4
Leguminosae	Tipo <i>Vicia</i>	6	-	-	-	-	14.0	0.8
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	5	1	-	-	-	14.0	1.4
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	5	-	-	-	-	11.6	0.2

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos.

Resultados

Tabla 23. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia A Coruña (N = 43).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Boraginaceae	<i>Lithodora</i>	3	1	-	-	-	9.3	1.6
Palmaceae	<i>Palma</i>	4	-	-	-	-	9.3	0.5
Pinaceae	<i>Pinus</i>	4	-	-	-	-	9.3	0.3
Resedaceae	<i>Reseda</i>	4	-	-	-	-	9.3	0.3
Labiatae	Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>	4	-	-	-	-	9.3	0.4
Betulaceae	<i>Betula</i>	3	-	-	-	-	7.0	0.1
Labiatae	<i>Lavandula stoechas</i>	2	1	-	-	-	7.0	2.2
Leguminosae	<i>Acacia</i>	2	-	1	-	-	7.0	5.6
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	3	-	-	-	-	7.0	0.1
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.4
Cistaceae	Tipo <i>Cistus ladanifer</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.9
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.3
Compositae	Tipo <i>Bellis</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.3
Liliaceae		2	-	-	-	-	4.7	0.1
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.3
Umbelliferae	Tipo <i>Daucus carota</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.4
Umbelliferae	Tipo <i>Smyrniolum olusatrum</i>	2	-	-	-	-	4.7	0.1
Boraginaceae	<i>Anchusa</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Caryophyllaceae	Tipo <i>Silene</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Cistaceae	Tipo <i>Halimium</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.3
Cruciferae	Tipo <i>Capsella bursa-pastoris</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Labiatae		1	-	-	-	-	2.3	0.1
Leguminosae	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.3
Oleaceae	Tipo <i>Ligustrum</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.5
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.2
Rubiaceae	Tipo <i>Galium aparine</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Rutaceae	<i>Citrus</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.2
Urticaceae	Tipo <i>Urtica</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	1	-	-	-	-	2.3	0.1
N.I.		33	7	-	-	-	93.0	2.1

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos. N.I.: no identificado.

En las mieles recogidas en la provincia de Lugo se han identificado 75 tipos polínicos, pertenecientes a 40 familias diferentes, de las cuales, Leguminosae, Rosaceae, Fagaceae, Ericaceae, Myrtaceae, Boraginaceae, Plantaginaceae y Poaceae estuvieron presentes en más del 50% de las muestras (Tabla 24). Dentro de estas familias han destacado, por su presencia, los tipos polínicos *Rubus*, *Cytisus*, *C. sativa*, tipo *Trifolium*, *E. arborea* y *Eucalyptus* presentes en más del 80% de las muestras.

Como polen dominante (D) se ha identificado a *Rubus*, *C. sativa*, *Eucalyptus* y tipo *E. cinerea*, siendo *Eucalyptus* y *C. sativa* los que presentaron los porcentajes más elevados, con valores máximos de 94.8% y 90.2%, respectivamente. Mientras que otras especies de *Erica* y *Quercus* resaltaron como polen secundario (A), con valores máximos por encima del 27%.

Como polen importante (I) se han clasificado: tipo *Cytisus*, tipo *Trifolium*, *E. arborea*, *E. umbellata*, *Echium*, *Salix*, *E. australis*, tipo *Campanula*, tipo *C. maculatum*, *F. alnus* y *Myosotis*. De este grupo de pólenes, es de destacar el tipo *Cytisus*, *E. arborea*, *E. australis* y *F. alnus* por alcanzar valores máximos superiores al 10%.

Los pólenes que se incluyen en la categoría de polen minoritario (R) han sido, en primer lugar, *Plantago*, tipo *C. monogyna* y tipo *Scrophularia* que están presentes en más del 40% de las muestras de esta provincia. Le siguen por su representación, *Centaurea*, tipo *Lotus*, *C. vulgaris*, *Hedera helix*, *Anarrhinum*, *Palma*, tipo *R. officinalis*, tipo *D. carota* y *I. aquifolium*.

El resto de los tipos polínicos identificados en las mieles de Lugo tienen poca importancia en los espectros, pertenecen al grupo de polen presente (P), y alcanzan contenidos bajos en ellas, por debajo del 1% (Tabla 25). Los más frecuentes son Poaceae y el tipo *Brassica*, presentes en más del 40% de las muestras de esta provincia.

Resultados

Tabla 24. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Lugo (N = 70).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Rosaceae	<i>Rubus</i>	3	6	15	20	25	98.6	71.6
Leguminosae	Tipo <i>Cytisus</i>	21	22	26	-	-	98.6	10.5
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	2	2	7	28	29	97.1	90.2
Leguminosae	Tipo <i>Trifolium</i>	22	25	13	-	-	85.7	9.6
Ericaceae	<i>Erica arborea</i>	25	20	12	-	-	81.4	13.3
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	19	10	15	6	6	80.0	94.8
Ericaceae	<i>Erica umbellata</i>	30	14	11	-	-	78.6	7.4
Boraginaceae	<i>Echium</i>	31	15	8	-	-	77.1	9.3
Ericaceae	Otras <i>Erica</i>	31	13	4	1	-	70.0	27.1
Fagaceae	<i>Quercus</i>	37	3	4	1	-	64.3	27.8
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	36	6	-	-	-	60.0	2.0
Ericaceae	Tipo <i>Erica cinerea</i>	22	7	5	3	1	54.3	46.2
Poaceae	Otras <i>Poaceae</i>	35	-	-	-	-	50.0	0.9
Salicaceae	<i>Salix</i>	26	5	3	-	-	48.6	4.6
Ericaceae	<i>Erica australis</i>	21	8	4	-	-	47.1	11.9
Rosaceae	Tipo <i>Crataegus monogyna</i>	28	4	-	-	-	45.7	2.1
Scrophulariaceae	Tipo <i>Scrophularia</i>	27	3	-	-	-	42.9	2.9
Cruciferae	Tipo <i>Brassica</i>	28	-	-	-	-	40.0	0.9
Compositae	<i>Centaurea</i>	25	1	-	-	-	37.1	1.3
Campanulaceae	Tipo <i>Campanula</i>	23	1	1	-	-	35.7	3.9
Umbelliferae	Tipo <i>Conium maculatum</i>	20	4	1	-	-	35.7	3.4
Rosaceae	Tipo <i>Prunus</i>	24	-	-	-	-	34.3	0.9
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	14	5	3	-	-	31.4	13.7
Cistaceae	<i>Cistus psilosepalus</i>	19	-	-	-	-	27.1	0.7
Leguminosae	Tipo <i>Lotus</i>	18	1	-	-	-	27.1	1.0
Resedaceae	<i>Sesamoides</i>	19	-	-	-	-	27.1	0.7
Solanaceae	<i>Solanum</i>	15	-	-	-	-	21.4	0.4
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i>	15	-	-	-	-	21.4	0.2
Leguminosae	Tipo <i>Vicia</i>	13	-	-	-	-	18.6	0.6
Ericaceae	<i>Calluna vulgaris</i>	10	2	-	-	-	17.1	1.7
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	10	1	-	-	-	15.7	1.1
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>	10	1	-	-	-	15.7	1.4
Poaceae	<i>Zea mays</i>	10	-	-	-	-	14.3	0.5
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	7	1	1	-	-	12.9	5.6
Boraginaceae	<i>Lithodora</i>	9	-	-	-	-	12.9	0.9
Compositae	Tipo <i>Carduus</i>	9	-	-	-	-	12.9	0.3
Labiatae	Tipo <i>Mentha</i>	8	-	-	-	-	11.4	0.2
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	8	-	-	-	-	11.4	0.5
Boraginaceae	<i>Anchusa</i>	7	-	-	-	-	10.0	0.3
Labiatae	<i>Lavandula stoechas</i>	7	-	-	-	-	10.0	0.5

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos.

Resultados

Tabla 25. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Lugo (N = 70).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Resedaceae	<i>Reseda</i>	6	-	-	-	-	8.6	0.5
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	5	-	-	-	-	7.1	0.2
Palmaceae	<i>Palma</i>	4	1	-	-	-	7.1	1.2
Cistaceae	Tipo <i>Cistus ladanifer</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.8
Cruciferae	Tipo <i>Raphanus</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.3
Cistaceae	<i>Cistus sp.</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.2
Cistaceae	Tipo <i>Halimium</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.1
Labiatae	<i>Teucrium scorodonia</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.4
Labiatae	Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>	3	1	-	-	-	5.7	1.0
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.2
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.1
Umbelliferae	Tipo <i>Daucus carota</i>	3	1	-	-	-	5.7	1.0
Urticaceae	Tipo <i>Urtica</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.2
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	4	-	-	-	-	5.7	0.2
Cistaceae	<i>Cistus salviiifolius</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.1
Betulaceae	<i>Betula</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.1
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.7
Guttiferae	<i>Hypericum</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.5
Leguminosae	<i>Acacia</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.1
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.5
Rubiaceae	Tipo <i>Galium aparine</i>	3	-	-	-	-	4.3	0.2
Actinidiaceae	<i>Actinidia deliciosa</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.2
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	1	1	-	-	-	2.9	1.1
Compositae	Tipo <i>Bellis</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.1
Labiatae	Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.3
Liliaceae		2	-	-	-	-	2.9	0.1
Malvaceae	<i>Malva</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.1
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.1
Scrophulariaceae	<i>Verbascum</i>	2	-	-	-	-	2.9	0.3
Caryophyllaceae	Tipo <i>Silene</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
Euphorbiaceae		1	-	-	-	-	1,4	0.1
Labiatae		1	-	-	-	-	1.4	0.2
Liliaceae	<i>Allium</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
Oleaceae	Tipo <i>Ligustrum</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.3
Papaveraceae	<i>Papaver</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
Pinaceae	<i>Pinus</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.2
Rosaceae	Tipo <i>Potentilla</i>	1	-	-	-	-	1.4	0.1
N.I.		49	9	-	-	-	82,9	2.9

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado . N.I.: no identificado.

En las mieles que proceden de la provincia de Ourense, se han identificado 74 tipos polínicos pertenecientes a un total de 36 familias (Tabla 26 y Tabla 27). Las familias más representativas fueron Fagaceae, Leguminosae, Rosaceae y Ericaceae. Destacando los tipos polínicos *Rubus*, *C. sativa*, y tipo *Cytisus* por estar presentes en la totalidad de las muestras (100%) y en porcentajes elevados en algunas de ellas, con valores máximos de 91.3%, 87.9% y 48.6%, respectivamente.

De esta manera, *Rubus*, *C. sativa*, y tipo *Cytisus* fueron los únicos pólenes incluidos en la categoría de dominante (D). Como polen secundario (A) y con un porcentaje máximo de 32.3% destacó *E. umbellata*.

Como polen importante (I) se encontraron: *E. arborea*, *Quercus*, *Eucalyptus*, otras especies de *Erica*, *F. alnus*, *Echium*, *E. australis*, tipo *C. monogyna* y tipo *E. cinerea*. Sin embargo, solamente *E. arborea*, *Eucalyptus*, *F. alnus* y *Echium* alcanzaron valores máximos superiores al 10%. Aunque esta es la única provincia gallega que no tiene costa y en la que la presencia de *Eucalyptus* es mucho menor, es frecuente la presencia del polen de esta planta en los espectros polínicos de las mieles de las altitudes más bajas. *Eucalyptus* es un árbol frecuente en los bosques de Ribadavia, Ourense, Carballiño y Xinzo de Limia, aunque suelen ser individuos aislados que no forman bosques monoespecíficos.

Algunos tipos polínicos como tipo *Trifolium*, *Salix*, *Sesamoides*, tipo *Prunus* y tipo *Campanula*, a pesar de ser clasificados como pólenes minoritarios (R), destacan por estar presentes en más del 46% de las muestras (Tabla 26). Los tipos polínicos *Campanula* y *Sesamoides* son más frecuentes en las mieles de esta provincia que en las mieles de las otras provincias gallegas.

Otros pólenes clasificados (R) fueron tipo *Brassica*, tipo *C. maculatum*, *Solanum*, *Oxalis*, *I. aquifolium*, tipo *Raphanus*, sin embargo, sus porcentajes de representación son bajos en las mieles de Ourense.

Otros tipos polínicos que merece la pena destacar por ser más abundantes en las mieles de regiones mediterráneas son *L. stoechas*, Cistaceae como *C. psilosepalus*, *C. salviifolius*, *C. ladanifer* o *Halimium*.

Resultados

Tabla 26. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Ourense (N = 52).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	1	3	3	20	25	100.0	87.9
Leguminosae	Tipo <i>Cytisus</i>	5	16	25	5	1	100.0	48.6
Rosaceae	<i>Rubus</i>	-	-	13	25	14	100.0	91.3
Ericaceae	<i>Erica arborea</i>	25	10	10	-	-	86.5	14.8
Ericaceae	<i>Erica umbellata</i>	16	13	14	2	-	86.5	32.3
Fagaceae	<i>Quercus</i>	32	6	2	-	-	76.9	6.0
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	21	9	9	-	-	75.0	10.9
Ericaceae	Otras <i>Erica</i>	25	8	5	-	-	73.1	8.7
Leguminosae	Tipo <i>Trifolium</i>	32	5	-	-	-	71.2	2.1
Salicaceae	<i>Salix</i>	28	6	-	-	-	65.4	2.6
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	24	6	1	-	-	59.6	10.4
Boraginaceae	<i>Echium</i>	21	5	4	-	-	57.7	13.1
Resedaceae	<i>Sesamoides</i>	23	5	-	-	-	53.8	2.8
Cistaceae	<i>Cistus psilosepalus</i>	27	-	-	-	-	51.9	0.9
Ericaceae	<i>Erica australis</i>	24	2	1	-	-	51.9	3.1
Rosaceae	Tipo <i>Crataegus monogyna</i>	23	1	2	-	-	50.0	4.0
Rosaceae	Tipo <i>Prunus</i>	22	3	-	-	-	48.1	2.3
Campanulaceae	Tipo <i>Campanula</i>	21	3	-	-	-	46.2	1.9
Ericaceae	Tipo <i>Erica cinerea</i>	18	3	2	-	-	44.2	3.4
Poaceae	Otras <i>Poaceae</i>	22	-	-	-	-	42.3	0.7
Cruciferae	Tipo <i>Brassica</i>	17	1	-	-	-	34.6	1.3
Scrophulariaceae	Tipo <i>Scrophularia</i>	18	-	-	-	-	34.6	0.2
Umbelliferae	Tipo <i>Conium maculatum</i>	16	2	-	-	-	34.6	2.1
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	17	-	-	-	-	32.7	0.9
Labiatae	<i>Lavandula stoechas</i>	14	-	-	-	-	26.9	0.9
Compositae	<i>Centaurea</i>	12	-	-	-	-	23.1	0.7
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i>	10	-	-	-	-	19.2	0.9
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>	10	-	-	-	-	19.2	0.4
Labiatae	Tipo <i>Mentha</i>	9	-	-	-	-	17.3	0.6
Solanaceae	<i>Solanum</i>	7	1	-	-	-	15.4	1.2
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i>	8	-	-	-	-	15.4	0.2
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i>	8	-	-	-	-	15.4	0.2
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	6	-	-	-	-	11.5	0.7
Ericaceae	<i>Calluna vulgaris</i>	6	-	-	-	-	11.5	0.1
Leguminosae	Tipo <i>Lotus</i>	6	-	-	-	-	11.5	0.4
Compositae	Tipo <i>Carduus</i>	6	-	-	-	-	11.5	0.2
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	5	1	-	-	-	11.5	1.1

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos.

Resultados

Tabla 27. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Ourense (N = 52).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Cistaceae	Tipo <i>Cistus ladanifer</i>	5	-	-	-	-	9.6	0.4
Cistaceae	Tipo <i>Halimium</i>	5	-	-	-	-	9.6	0.4
Euphorbiaceae		5	-	-	-	-	9.6	0.2
Guttiferae	<i>Hypericum</i>	5	-	-	-	-	9.6	0.5
Boraginaceae	<i>Lithodora</i>	4	-	-	-	-	7.7	0.5
Cistaceae	<i>Cistus sp.</i>	4	-	-	-	-	7.7	0.5
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	4	-	-	-	-	7.7	0.2
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	2	1	-	-	-	5.8	2.2
Betulaceae	<i>Betula</i>	3	-	-	-	-	5.8	0.5
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	3	-	-	-	-	5.8	0.7
Liliaceae	<i>Simethis planifolia</i>	3	-	-	-	-	5.8	0.2
Resedaceae	<i>Reseda</i>	3	-	-	-	-	5.8	0.2
Umbelliferae	Tipo <i>Smyrniium olusatrum</i>	3	-	-	-	-	5.8	0.2
Cruciferae	Tipo <i>Raphanus</i>	1	1	-	-	-	3.8	2.4
Boraginaceae	<i>Anchusa</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.1
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.3
Crassulaceae	<i>Sedum</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.1
Leguminosae	<i>Acacia</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.5
Pinaceae	<i>Pinus</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.1
Poaceae	<i>Zea mays</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.2
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	2	-	-	-	-	3.8	0.2
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.2
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Boraginaceae	<i>Cynoglossum</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.4
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Compositae	<i>Anthemis</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Labiatae	<i>Teucrium scorodonia</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.5
Labiatae	Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.2
Leguminosae	Tipo <i>Vicia</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.2
Liliaceae	<i>Allium</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Malvaceae	<i>Malva</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Oleaceae	Tipo <i>Ligustrum</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Palmaceae	<i>Palma</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Papaveraceae	<i>Papaver</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.2
Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.2
Rosaceae	Tipo <i>Potentilla</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Scrophulariaceae	<i>Verbascum</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
Umbelliferae	Tipo <i>Daucus carota</i>	1	-	-	-	-	1.9	0.1
N.I.		48	1	-	-	-	94.2	1.3

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado. N.I.: no identificado.

En las mieles de la provincia de Pontevedra se identificaron un total de 72 tipos polínicos pertenecientes a 38 familias (Tabla 28 y Tabla 29). Las familias Fagaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Ericaceae y Leguminosae fueron las más representativas, sobre todo los tipos polínicos *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus*, por estar presentes en todas las muestras. También destacaron por su frecuencia el tipo *Cytisus*, *Salix*, *E. umbellata* y *Quercus* por superar el 80% de representación en las mieles de esta provincia.

Los pólenes dominantes (D) fueron *C. sativa* y *Eucalyptus*, con porcentajes máximos de 74.4% y 89.6%, respectivamente. Además cabe destacar la aparición de pólenes de *Rubus*, tipo *Cytisus* y *Salix* como pólenes acompañantes (A).

Como pólenes importantes (I) se incluyen *E. umbellata*, *Quercus*, *Echium*, tipo *C. maculatum*, *E. arborea* y *Lithodora*. De todos ellos únicamente el tipo polínico *E. umbellata* presenta un valor máximo superior al 10%. Además, estos tipos polínicos se han identificado en más del 50% de las muestras, a excepción de *Lithodora*, que apareció en tan solo el 29.4% de las muestras.

Los tipos polínicos clasificados como minoritarios (R) han sido: tipo *Brassica*, otras especies de *Erica*, tipo *C. monogyna*, tipo *Prunus*, *E. australis*, *F. alnus*, *Acacia*, tipo *Lotus*, *Pinus*, tipo *Campanula*, *Actinidia deliciosa*, tipo *Mentha*, *Anchusa* y *Papaver*. Sin embargo, cabe destacar por su frecuencia, los cinco primeros tipos polínicos, por estar presentes en más del 40% de las muestras estudiadas procedentes de Pontevedra.

El resto de los pólenes que se muestran en la tabla 28 se caracterizan por ser pólenes presentes (P), aunque, *Plantago* y tipo *Raphanus* estuvieron presentes en más del 35% de las muestras.

La tabla 29 representa los tipos polínicos identificados en las mieles de Pontevedra presentes en menos del 10% y todos ellos se engloban en la clase de frecuencia P, excepto *Papaver* que como se ha comentado anteriormente, superó en una muestra el 1%.

Resultados

Tabla 28. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en más del 10% de las mieles de la provincia de Pontevedra (N = 34).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	1	7	4	9	13	100.0	74.4
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	8	4	5	3	14	100.0	89.6
Rosaceae	<i>Rubus</i>	7	4	8	15	-	100.0	43.7
Leguminosae	Tipo <i>Cytisus</i>	4	13	13	3	-	97.1	37.2
Salicaceae	<i>Salix</i>	19	7	4	1	-	91.2	16.4
Ericaceae	<i>Erica umbellata</i>	11	8	9	-	-	82.4	11.7
Fagaceae	<i>Quercus</i>	16	10	2	-	-	82.4	4.2
Boraginaceae	<i>Echium</i>	18	3	4	-	-	73.5	4.7
Cruciferae	Tipo <i>Brassica</i>	20	2	-	-	-	64.7	1.4
Ericaceae	Otras <i>Erica</i>	18	4	-	-	-	64.7	2.1
Umbelliferae	Tipo <i>Conium maculatum</i>	20	-	2	-	-	64.7	7.0
Ericaceae	<i>Erica arborea</i>	15	3	2	-	-	58.8	5.0
Rosaceae	Tipo <i>Crataegus monogyna</i>	14	6	-	-	-	58.8	2.5
Leguminosae	Tipo <i>Trifolium</i>	15	4	-	-	-	55.9	3.0
Poaceae	Otras <i>Poaceae</i>	16	-	-	-	-	47.1	0.4
Rosaceae	Tipo <i>Prunus</i>	14	2	-	-	-	47.1	1.4
Ericaceae	<i>Erica australis</i>	14	1	-	-	-	44.1	2.2
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	13	-	-	-	-	38.2	0.3
Cruciferae	Tipo <i>Raphanus</i>	12	-	-	-	-	35.3	0.4
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	11	1	-	-	-	35.3	1.1
Scrophulariaceae	Tipo <i>Scrophularia</i>	12	-	-	-	-	35.3	0.6
Leguminosae	<i>Acacia</i>	11	1	-	-	-	35.3	1.6
Boraginaceae	<i>Lithodora</i>	8	-	2	-	-	29.4	4.3
Ericaceae	Tipo <i>Erica cinerea</i>	9	-	-	-	-	26.5	1.0
Leguminosae	Tipo <i>Lotus</i>	8	1	-	-	-	26.5	1.5
Resedaceae	<i>Sesamoides</i>	9	-	-	-	-	26.5	0.8
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i>	9	-	-	-	-	26.5	0.4
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	7	-	-	-	-	20.6	0.4
Cistaceae	<i>Cistus psilosepalus</i>	7	-	-	-	-	20.6	0.5
Pinaceae	<i>Pinus</i>	6	1	-	-	-	20.6	1.1
Campanulaceae	Tipo <i>Campanula</i>	5	1	-	-	-	17.6	2.3
Actinidiaceae	<i>Actinidia deliciosa</i>	5	1	-	-	-	17.6	1.0
Betulaceae	<i>Betula</i>	6	-	-	-	-	17.6	0.1
Labiatae	Tipo <i>Mentha</i>	5	1	-	-	-	17.6	1.2
Resedaceae	<i>Reseda</i>	6	-	-	-	-	17.6	0.2
Umbelliferae	Tipo <i>Daucus carota</i>	6	-	-	-	-	17.6	0.7
Compositae	<i>Centaurea</i>	5	-	-	-	-	14.7	0.1
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	5	-	-	-	-	14.7	0.5
Boraginaceae	<i>Anchusa</i>	3	2	-	-	-	14.7	2.5
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	4	-	-	-	-	11.8	0.1

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos.

Resultados

Tabla 29. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los tipos polínicos identificados en menos del 10% de las mieles de la provincia de Pontevedra (N = 34).

Familia	Tipos Polínicos	Clases de frecuencias					%	Max.
		P	R	I	A	D		
Cistaceae	<i>Cistus salvifolius</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.5
Solanaceae	<i>Solanum</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.1
Caryophyllaceae	Tipo <i>Silene</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.1
Cistaceae	Tipo <i>Halimium</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.2
Compositae	<i>Anthemis</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.1
Labiatae	Tipo <i>Rosmarinus officinalis</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.1
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.4
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.4
Palmaceae	<i>Palma</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.5
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.1
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>	3	-	-	-	-	8.8	0.3
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	2	-	-	-	-	5.9	0.1
Euphorbiaceae		2	-	-	-	-	5.9	0.1
Labiatae	<i>Lavandula stoechas</i>	2	-	-	-	-	5.9	0.1
Leguminosae		2	-	-	-	-	5.9	0.1
Poaceae	<i>Zea mays</i>	2	-	-	-	-	5.9	0.1
Umbelliferae	Tipo <i>Smyrniium olusatrum</i>	2	-	-	-	-	5.9	0.2
Urticaceae	Tipo <i>Urtica</i>	2	-	-	-	-	5.9	0.1
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.6
Caryophyllaceae		1	-	-	-	-	2.9	0.2
Cistaceae	<i>Cistus sp.</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Compositae	Tipo <i>Helianthus annuus</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Guttiferae	<i>Hypericum</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.2
Labiatae	<i>Teucrium scorodonia</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.2
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Leguminosae	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.5
Liliaceae	<i>Simethis planifolia</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Papaveraceae	<i>Papaver</i>	-	1	-	-	-	2.9	2.5
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.4
Rosaceae	Tipo <i>Potentilla</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
Scrophulariaceae	<i>Digitalis</i>	1	-	-	-	-	2.9	0.1
N.I.		29	2	-	-	-	91.2	1.5

P: polen presente (<1% del espectro polínico), R: polen minoritario (1-3% del espectro polínico), I: polen importante (3-15% del espectro polínico), A: polen secundario (15-45% del espectro polínico), D: polen dominante (>45% del espectro polínico). %: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado en los espectros polínicos. N.I.: no identificado.

1.1.2.1. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS POLÍNICOS: *Castanea sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus*

Los tres tipos polínicos que se caracterizan por su elevada representación y frecuencia en las mieles gallegas son *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus*. Con el objetivo de observar la distribución de estos tipos polínicos en las muestras estudiadas se han representado gráficamente los porcentajes que alcanzan en los espectros polínicos de las mieles por provincia y año de cosecha (Figura 20). En las muestras de la provincia de A Coruña, *C. sativa*, *Eucalyptus* y, ocasionalmente, *Rubus* dominan los espectros polínicos. En dos muestras de la cosecha del 2008, destaca la presencia de *Eucalyptus*. El polen de esta planta también es abundante en las muestras del año 2009 pero no llega a producir mieles monoflorales (Figura 20). *Rubus*, ocasionalmente, puede llegar a alcanzar porcentajes por encima del 70%.

En las mieles de la provincia de Lugo, *C. sativa* se ha identificado en prácticamente todas las muestras, a excepción de dos de ellas, procedentes de la zona costera, en las que *Eucalyptus* supera el 70% del espectro polínico. El tipo polínico *Rubus* estuvo presente en todas las muestras a excepción de una en la que, de nuevo, el tipo polínico *Eucalyptus* fue dominante con un porcentaje del 94.8% (valor más alto cuantificado) en las mieles de esta procedencia geográfica. *Rubus* superó el 45% del espectro polínico en 25 muestras.

Si observamos la importancia de los tres tipos polínicos en las muestras recogidas en la provincia de Ourense, podemos ver que *C. sativa* y *Rubus* han sido identificados en todas las muestras, y juntos frecuentemente superan el 85% del espectro polínico. *C. sativa* supera el 70% en 13 muestras y *Rubus* es el tipo polínico dominante en 14 muestras. Es de destacar el porcentaje que alcanza este polen en una muestra recogida en el año 2008 (91.3%), incluso superior a los valores alcanzados por *C. sativa* (valor máximo de 87.9%). Como es de esperar *Eucalyptus* es poco abundante en estas mieles y solamente ha superado el 10% en una muestra del 2009 (10.9%).

En el caso de las mieles de Pontevedra *Eucalyptus*, *C. sativa* y *Rubus* están presentes en todas ellas. Esta provincia es la principal productora de Galicia de miel de eucalipto y este hecho se ve reflejado en la abundancia del tipo polínico en los espectros. En las comarcas del interior de Pontevedra son también frecuentes los "soutos" de castaños y por ello es posible que el polen de éste árbol alcance incluso porcentajes superiores al 70%. *Rubus*, en general, es menos abundante que en las mieles de las otras provincias gallegas no superando el 43.7%, frente a los valores máximos de 74.4% y 89.6% de *C. sativa* y *Eucalyptus*, respectivamente.

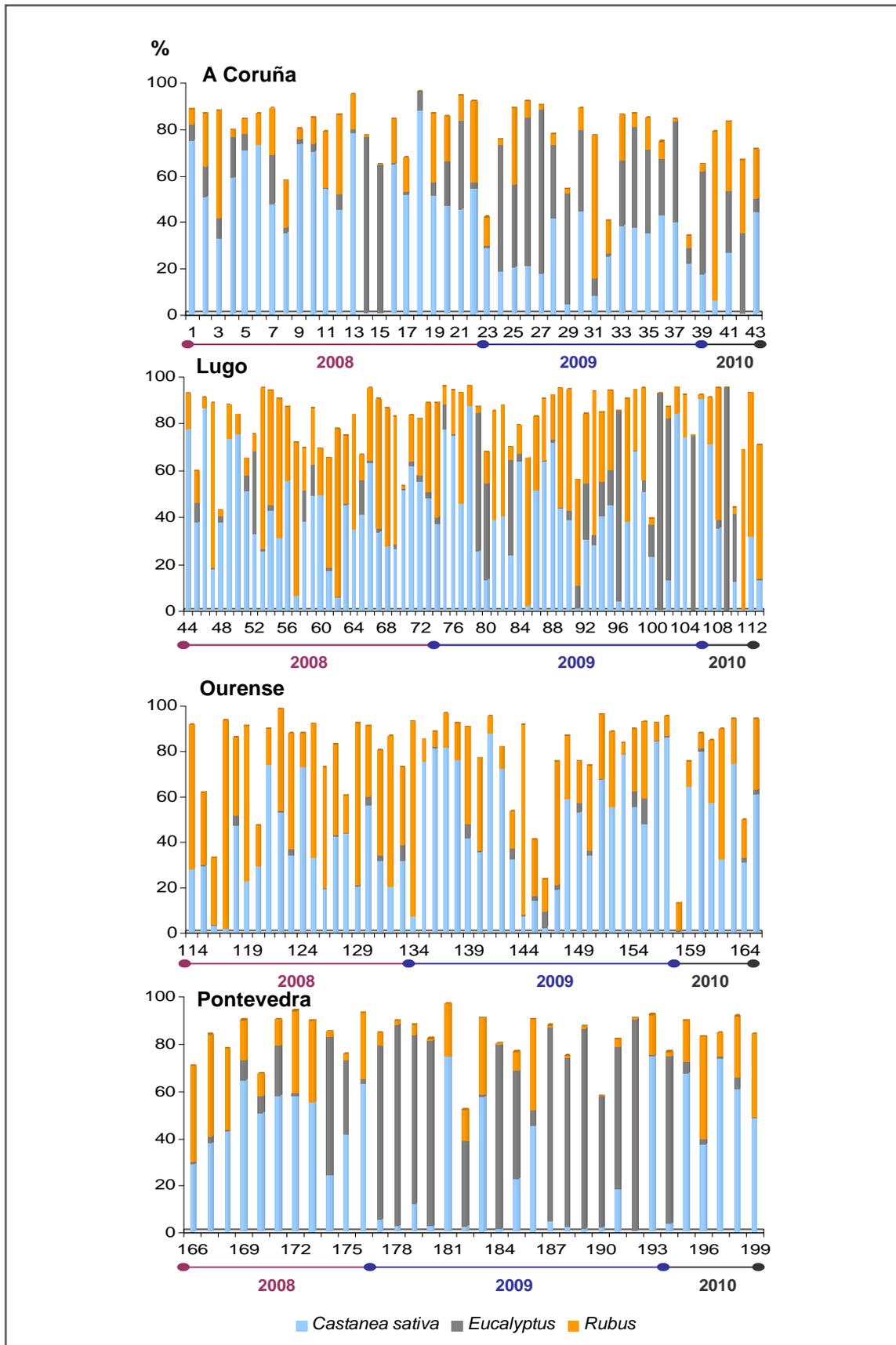


Figura 20. Distribución de *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus* (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

La presencia de los tres tipos polínicos principales para las mieles gallegas muestra algunas diferencias entre las mieles recogidas en las cuatro provincias. Por este motivo, se ha elaborado un diagrama de cajas (Figura 21) que permite observar la dispersión y la simetría del conjunto de datos, y al mismo tiempo permite comparar los resultados.

Esta representación gráfica muestra que *Eucalyptus* y *Rubus* presentaron las mayores diferencias con respecto a la procedencia geográfica (Figura 21). Sin embargo, el polen de *C. sativa* presenta valores medios semejantes entre las muestras de las cuatro provincias, siendo ligeramente superior en las mieles de Ourense, con un valor medio de $45.1 \pm 25.5\%$. Le siguen en porcentaje medio las muestras de A Coruña y Lugo. Los porcentajes más bajos en este tipo polínico se encontraron en las muestras recogidas en Pontevedra, con un valor medio de $33.5 \pm 25.5\%$, aunque los valores estuvieron en un intervalo más amplio.

Eucalyptus presentó mayor variabilidad, mostrando diferencias significativas en el porcentaje medio de las muestras de Pontevedra con las de Lugo y Ourense ($p < 0.05$) (Figura 21). En este sentido, las mieles de Pontevedra mostraron los mayores porcentajes y rango en este polen, con un valor medio de 33.6%. Le sigue en importancia, las muestras de A Coruña, en las que el contenido y el rango también son importantes, por encima del 20%. Este grupo de muestras pertenecientes a la provincia de A Coruña, también presentó diferencias significativas con las mieles Ourense ($p < 0.05$), en las que apenas se encontró el polen de *Eucalyptus*, con porcentajes medios por debajo del 10%.

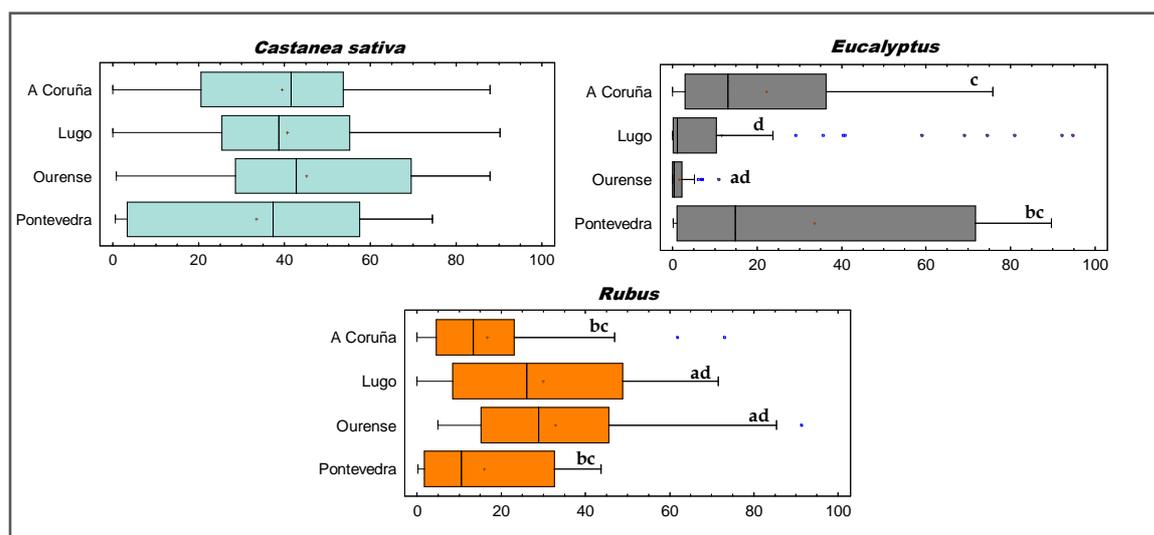


Figura 21. Diagrama de cajas para *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus* presentes en las mieles por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

Finalmente, *Rubus* es más representativo en las mieles de las provincias del interior, Lugo y Ourense, mostrando diferencias significativas con las de las

demás provincias ($p < 0.05$). Los porcentajes de este tipo polínico en las muestras de estas dos provincias fueron los más elevados, con valores medios entorno al 30%. Mientras que las muestras de Pontevedra a pesar de tener un rango de variación más amplio que las mieles de A Coruña, presentaron un contenido medio similar, en torno al 16%.

Por otro lado, se ha realizado un análisis de los porcentajes de estos tipos polínicos en función del año de producción de la miel (Figura 22).

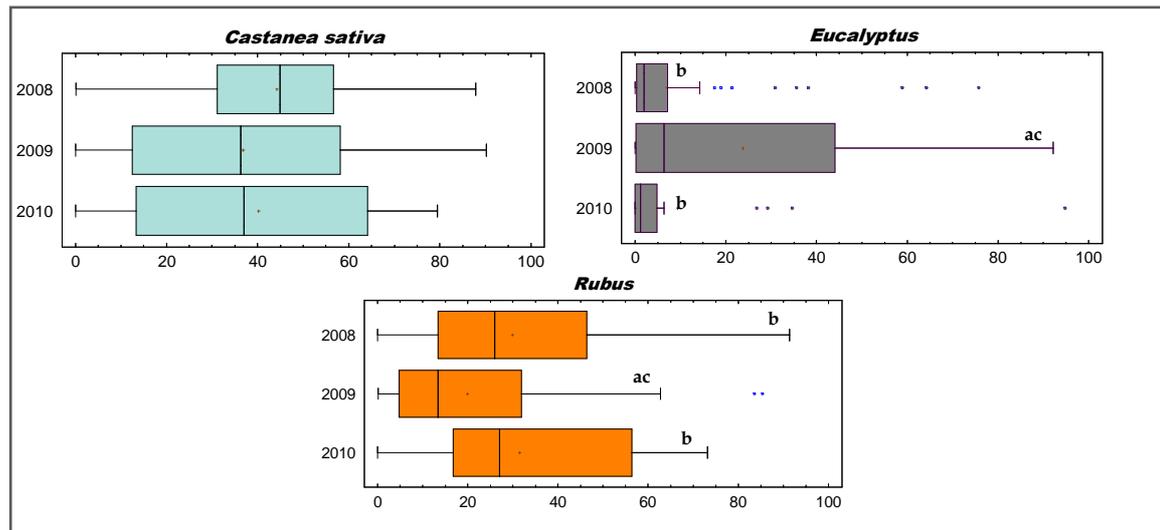


Figura 22. Diagrama de cajas para *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

De los tres tipos polínicos, *C. sativa* es el que menos diferencias presenta por año, y estadísticamente no se han visto diferencias significativas. Por tanto, los valores medios fueron similares en los tres años de estudio, en torno al 40%. Aunque a diferencia de los datos del 2009 y 2010, los porcentajes de este tipo polínico en las mieles producidas en el año 2008 se distribuyeron con una menor desviación, de ahí que el rango del diagrama de cajas sea más estrecho.

Sin embargo, en el polen de *Eucalyptus* se observan diferencias más claras entre cosechas. Este tipo polínico en las mieles del 2009 mostró diferencias significativas con respecto a las demás cosechas ($p < 0.05$), con un porcentaje medio por encima del 20%. El valor medio de *Eucalyptus* en las mieles del 2008 y 2010 estuvo por debajo del 10%. Esto es debido al comportamiento de la floración de este árbol.

Con respecto al polen de *Rubus*, las mieles del 2009 fueron significativamente diferentes a las mieles de los otros años ($p < 0.05$), con un valor medio por debajo del 20%. Este polen alcanzó valores más elevados en las mieles del 2008 y 2010, presentando un rango más amplio de los porcentajes y valores medios entorno al 30%.

1.1.2.2. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE TIPOS POLÍNICOS DE IMPORTANCIA: *Erica* y tipo *Cytisus*

Como ya se ha mencionado, otros tipos polínicos de interés en las mieles de Galicia, debido a su presencia y contenido provienen de los brezales y “xesteiras” muy abundantes en el matorral de Galicia. Aunque se han diferenciado distintos individuos del género *Erica*, que en nuestra comunidad son muy abundantes y pueden contribuir a la diferenciación geográfica de la miel, a la hora de la expresión gráfica de estos resultados se han unido las diferentes especies bajo la denominación genérica.

El género *Erica* se ha identificado en el 97.7% de las muestras de A Coruña, siendo *E. cinerea* y *E. umbellata* los pólenes mejor representados, presentes en el 74.4% y 67.4% de las muestras, respectivamente. Le sigue *E. arborea* encontrado en el 62.8% y *E. australis* en el 39.5% de las muestras. Otro tipo polínico importante por estar presente en el 97.7% fue el tipo *Cytisus* (Figura 23).

Erica está presente en el 97.1% de las mieles de la provincia de Lugo y presenta en ellas un valor máximo de 49.4%. Los pólenes mejor representados son los de *E. arborea* y *E. umbellata* que se han encontrado en el 81.4% y 78.6% de las muestras, respectivamente. “Otras *Erica*” (diferentes especies) se ha encontrado en el 70% de las muestras, el tipo *E. cinerea* en el 54.3% y *E. australis* en 47.1%. Además tipo *Cytisus* está presente en el 94.5% de las muestras aunque los valores que alcanza el tipo polínico en los espectros suelen ser bajos (inferiores a 10.5%).

En el caso de las muestras recogidas en la provincia de Ourense, *Erica* se ha identificado en el 96.2% de las muestras. En ninguna de ellas supera el 45% del espectro polínico pero, sin embargo, en 5 muestras supera el 20%. Los pólenes mejor representados son, al igual que para las mieles de la provincia de Lugo, *E. umbellata* y *E. arborea*, presentes en 86.5% de las muestras, mientras que “Otras *Erica*” está presente en 73.1%, *E. australis* en 51.9% y el tipo *E. cinerea* en 44.2%. El tipo polínico *Cytisus* es muy frecuente en las mieles recogidas en esta provincia (presente en todas las muestras), incluso en una muestra supera el 45% del espectro polínico y en 5 muestras tiene un valor por encima del 15%.

Finalmente, en las mieles que se han recolectado en la provincia de Pontevedra siempre ha estado presente el género *Erica*. El polen más frecuente es el de *E. umbellata*, presente en 82.4% de las muestras. Le sigue en porcentaje de representación “Otras *Erica*”, que se ha encontrado en un 64.7% de las muestras, *E. arborea* en 58.8%, *E. australis* en 44.1% y el tipo *E. cinerea* en 26.5%. Por último, el tipo polínico *Cytisus* está presente en 97.1% de las muestras y puede alcanzar valores de relevancia en el espectro polínico, con un máximo de 37.2%.

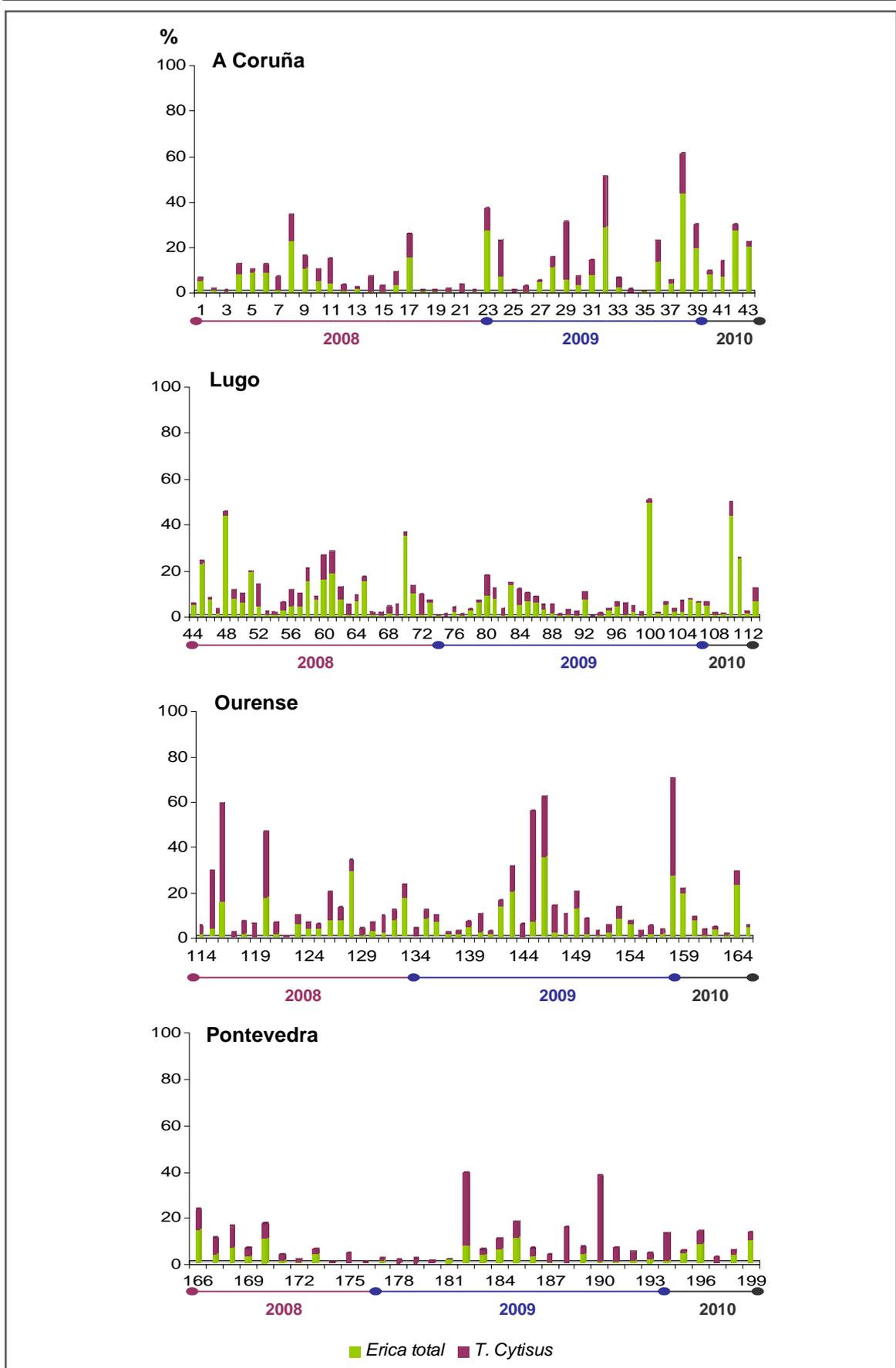


Figura 23. Distribución de Erica y tipo Cytisus (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

El diagrama de cajas muestra la diferencia para los porcentajes de los pólenes de *Erica* y *Cytisus* por provincia (Figura 24). El resultado muestra que los porcentajes medios del polen de *Erica* fueron similares en las mieles de las cuatro provincias, con valores medios cercanos al 7%. Aunque cabe destacar que las mieles de Pontevedra presentaron un porcentaje ligeramente menor, con un porcentaje medio inferior al 4%. Con respecto a tipo *Cytisus*, se encontraron también porcentajes medios bajos, por debajo del 8%. Sin embargo las muestras de Lugo fueron las que presentaron el porcentaje medio más bajo (2.8%) y mostraron diferencias significativas en este tipo polínico con las muestras de Ourense ($p < 0.05$), siendo estas últimas las de mayor porcentaje medio (7.8%). Además es de destacar que los porcentajes máximos han sido encontrados en mieles de Ourense, con valores por encima del 40%.

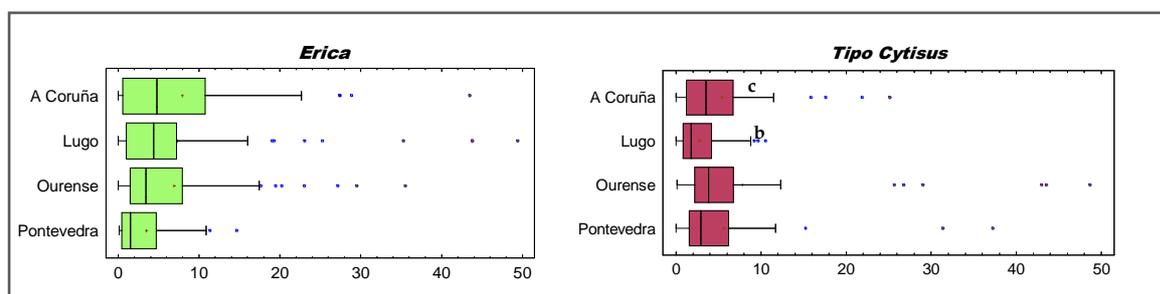


Figura 24. Diagrama de cajas para *Erica* y tipo *Cytisus* por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

En la figura 25 se representan los datos de los pólenes de *Erica* y tipo *Cytisus* por año de cosecha. Con respecto a *Erica*, las mieles del 2010 tuvieron un porcentaje medio ligeramente mayor a las mieles de las otras dos cosechas, con un valor por encima del 10%. Sin embargo, estadísticamente no mostraron diferencias significativas, ya que en las mieles producidas en 2008 y 2009 los valores medios rondaron el 7%. Los porcentajes medios representados por el tipo polínico *Cytisus* tampoco mostraron diferencias significativas entre las mieles de las diferentes cosechas. Los valores medios estuvieron por debajo del 6%, pero destacan las mieles del 2009 con algunos valores por encima del 30%.

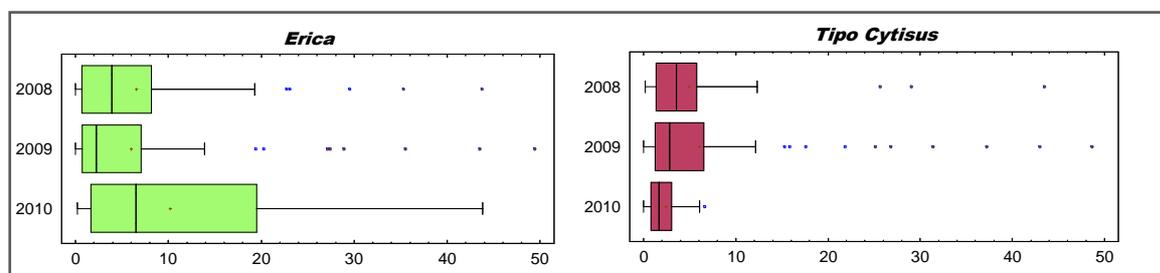


Figura 25. Diagrama de cajas para *Erica* y tipo *Cytisus* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

1.1.2.3. REPRESENTACIÓN EN LAS MUESTRAS DE OTROS TIPOS POLÍNICOS DE MENOR IMPORTANCIA

Otros taxones de interés en las mieles de Galicia analizadas fueron los tipos polínicos: *Trifolium*, *Echium*, *Quercus*, *Salix* y *C. maculatum*. Por lo general estos pólenes representan un pequeño porcentaje del espectro polínico de la miel.

El polen de *Salix* se ha encontrado principalmente en las mieles de A Coruña y Pontevedra (Figura 26), con un porcentaje de representación de 69.8% y 91.2%, respectivamente. Esto es debido principalmente a que éste género tiene una floración temprana que coincide con la floración del eucalipto y se comporta, por lo tanto, como una especie acompañante en estas mieles. Algo similar sucede con los pólenes del tipo *C. maculatum*, aparecen en la mayoría de las muestras de Pontevedra (64.7%) y los valores máximos se encuentran en las mieles de esta provincia. Es de destacar que suelen aparecer asociados a mieles en las que el tipo polínico dominante es *Eucalyptus*.

El polen de *Quercus*, es el mejor representante de los granos de polen procedentes de plantas anemófilas, y está bien representado en las mieles gallegas. Es muy frecuente en las mieles de Pontevedra (82.4%), aunque siempre con valores bajos y puede llegar a tener valores de importancia en las mieles del interior gallego, como se puede observar en el gráfico correspondiente a la provincia de Lugo (Figura 26).

Es de destacar la presencia de *Trifolium* en la totalidad de las muestras de la provincia de A Coruña. A su vez *Echium* y *Salix* se han encontrado en 76.7% y 69.8% de las muestras, respectivamente, *Quercus* en 55.8% y el tipo *Conium maculatum* en 48.8%. El tipo *Trifolium* estuvo presente en la mayoría de las muestras recogidas en la provincia de Lugo (85.7%). Los tipos polínicos *Echium* y *Quercus* se han encontrado en 77.1% y 64.3%, respectivamente, mientras que *Salix* y el tipo *C. maculatum* apenas han aparecido en este grupo de mieles (en menos de la mitad de las muestras).

En el caso de las mieles de provincia de Ourense, el polen de este grupo más frecuente es *Quercus* (76.9%). *Trifolium* estuvo presente en el 71.2%, *Salix* en el 65.4% y *Echium* en el 57.7%. El tipo *C. maculatum* apenas ha aparecido, tan sólo se ha encontrado algún grano en el 34.6% de las muestras. Finalmente, en las muestras de Pontevedra, como ya se ha comentado, el predominante ha sido *Salix*. Mientras que *Quercus* y *Echium* se han identificado en el 82.4% y 73.5%, respectivamente; el tipo *C. maculatum* se ha encontrado en el 64.7% y el tipo *Trifolium* en el 55.9%.

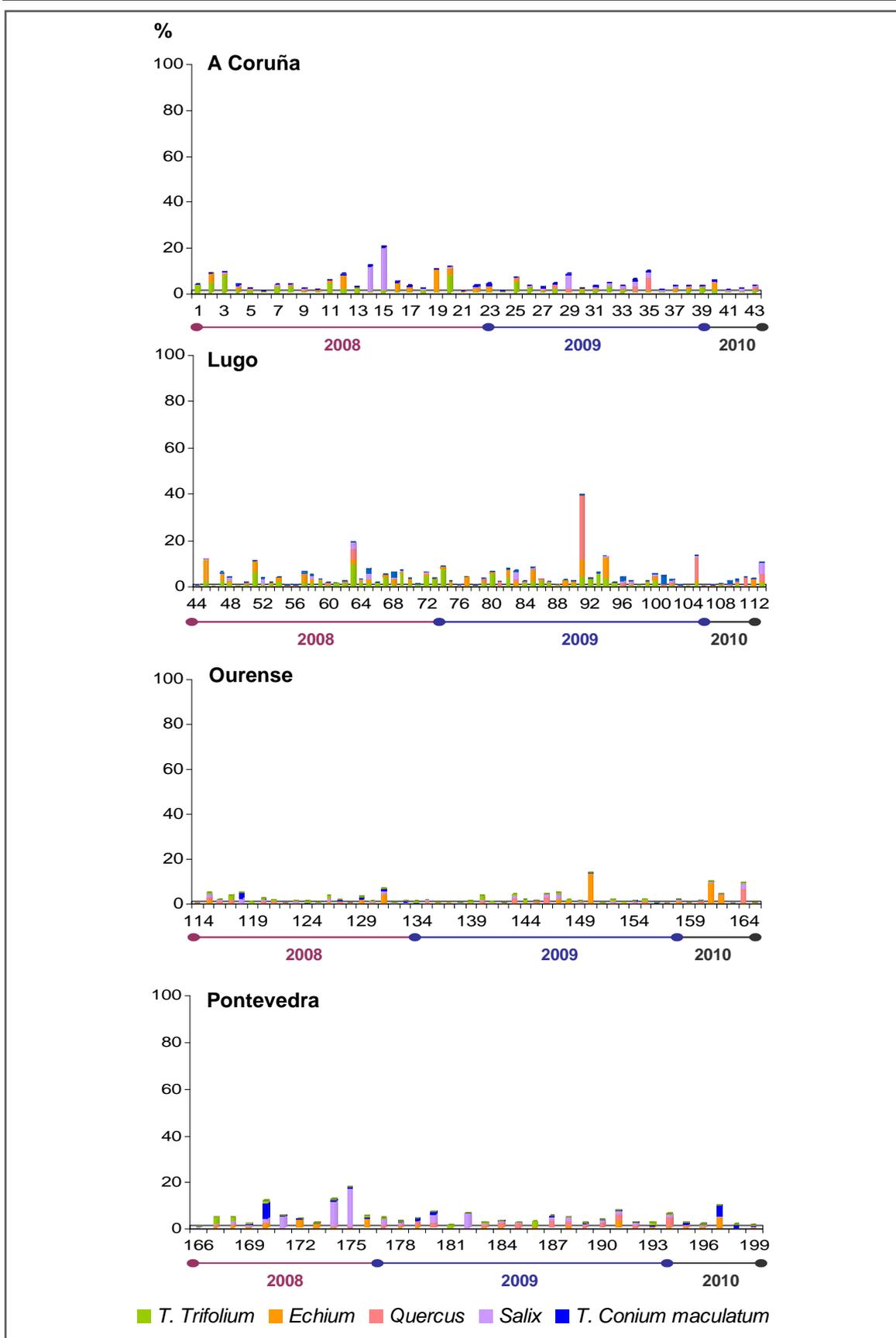


Figura 26. Distribución de algunos tipos polínicos frecuentes (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

De estos tipos polínicos que acabamos de comentar, el tipo *Trifolium* mostró diferencias por provincia (Figura 26). Estas diferencias fueron significativas ($p < 0.05$) entre el grupo de mieles de la zona norte (A Coruña y Lugo) y las mieles de la zona sur (Pontevedra y Ourense) de la comunidad, siendo mayor en las dos primeras, con un porcentaje medio por encima del 1.4%, frente a valores cercanos al 0.3% en las mieles de Pontevedra y Ourense. Aunque cabe destacar valores máximos contabilizados, por encima del 7%, en algunas mieles del norte.

A pesar de los porcentajes bajos que presentan los tipos polínicos *Salix* y el tipo *C. maculatum* también mostraron algunas diferencias según la procedencia geográfica de las mieles (Figura 27). Las mieles de Pontevedra presentaron porcentajes medios de estos pólenes significativamente superiores a las mieles de Ourense ($p < 0.05$). En el caso del tipo polínico *Salix*, también existen diferencias según el origen de la miel ($p < 0.05$).

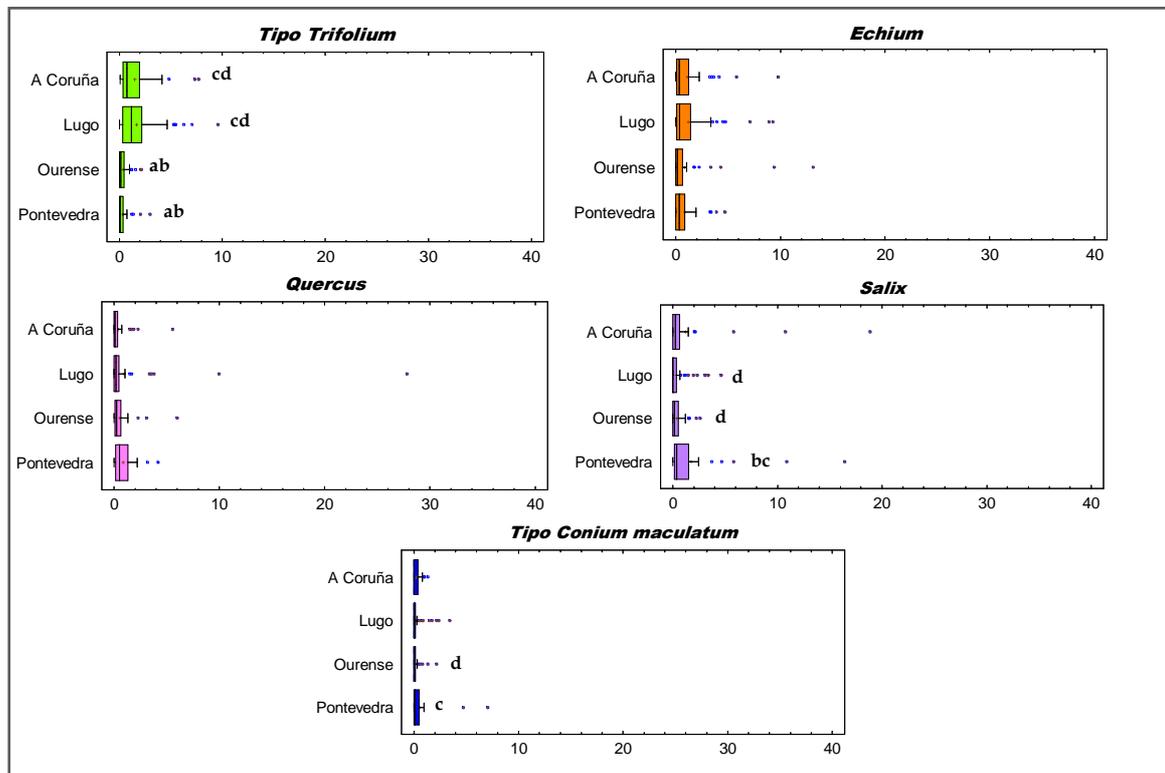


Figura 27. Diagrama de cajas para el tipo *Trifolium*, *Echium*, *Quercus*, *Salix* y tipo *Conium maculatum* por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

En general, los porcentajes de *Quercus* y *Echium* se mantuvieron por debajo de 10%, representando valores medios muy bajos por provincia, inferiores al 2%. Sin embargo, se han encontrado porcentajes elevados de *Echium* y *Quercus* en algunas muestras, con valores máximos de 13.1% y 27.8%, respectivamente.

Analizando el contenido de estos tipos polínicos de menor importancia por año (Figura 28) se hallaron diferencias significativas en el tipo *Trifolium* y *Quercus* ($p < 0.05$). El porcentaje medio de las mieles del 2008 fue significativamente superior a las mieles de las demás cosechas para el tipo *Trifolium*, con un valor cercano a 1.5%. Mientras que el porcentaje de *Quercus* fue significativamente diferente entre las mieles de las cosechas del 2008 y 2009, ya que representaron los porcentajes más bajos y más elevados, respectivamente.

Los porcentajes medios de *Echium* fueron similares en las mieles de las tres cosechas, con valores entorno al 1%. Lo mismo ha ocurrido con los pólenes *Salix* y tipo *C. maculatum*, cuyos porcentajes medios rondaron el 1% y el 0.5%, respectivamente.

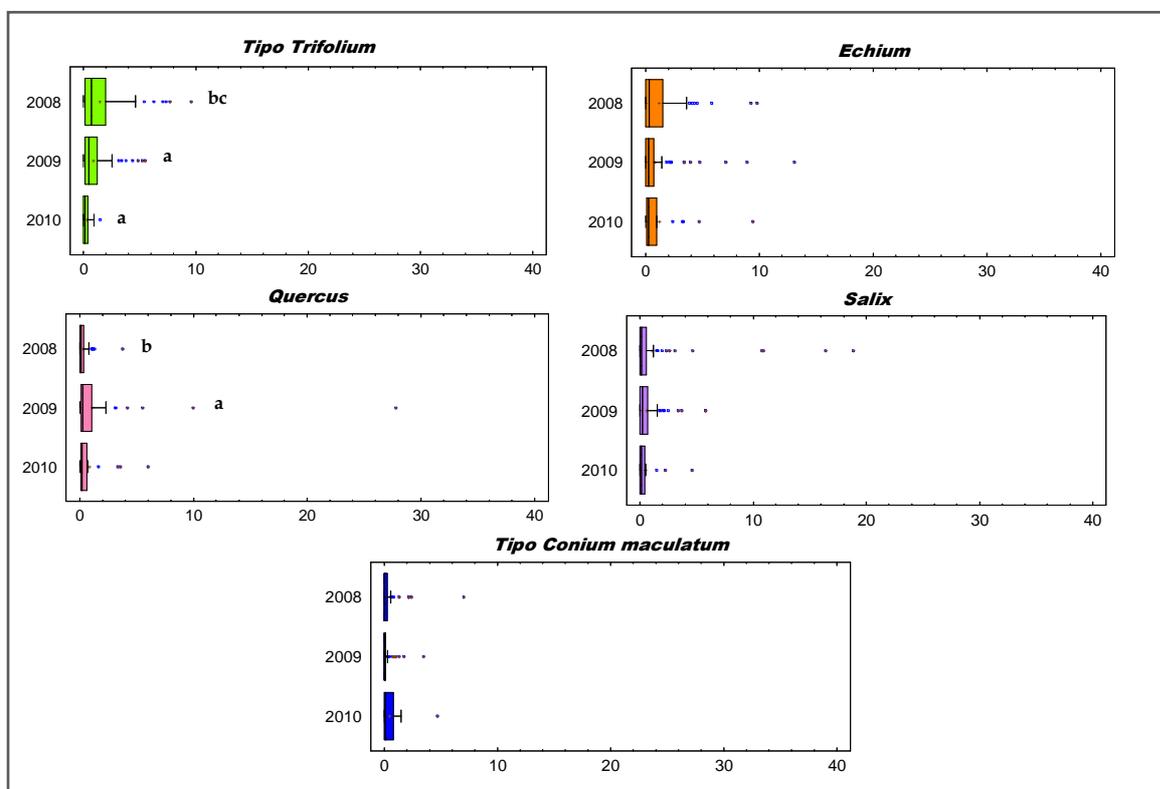


Figura 28. Diagrama de cajas para el tipo *Trifolium*, *Echium*, *Quercus*, *Salix* y tipo *Conium maculatum* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

1.1.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO

El contenido en granos de polen por gramo de miel de las muestras estudiadas presenta un amplio rango de variación, siendo la riqueza polínica mayor en las mieles del interior de Galicia (Lugo y Ourense) que en las de las provincias de A Coruña y Pontevedra (Figura 29).

En las mieles de A Coruña el contenido medio fue de 19707 ± 20625 granos de polen/g, con un rango entre 865 granos de polen/g en una muestra del 2010, y 90232 granos de polen/g en otra muestra del 2008. Como se puede observar en la figura 29 existen diferencias importantes en la riqueza polínica de las muestras de las tres cosechas.

El contenido medio de polen de las mieles de Lugo fue el más elevado de las cuatro provincias estudiadas con 26158 ± 27146 granos de polen/g miel. Sin embargo, en esta provincia se producen mieles muy pobres en polen con un valor mínimo de 989 granos de polen/g en una muestra del 2008 y mieles muy ricas con valores por encima de los 100000 granos de polen/g miel (máximo de 104846 granos de polen/g en una muestra del 2009).

El comportamiento del contenido polínico de las mieles de Ourense fue similar al de las mieles de Lugo. El valor medio total fue de 23670 ± 29096 granos de polen/g. El contenido más bajo fue contabilizado en una miel del año 2009, con un valor de 1132 granos de polen/g y el valor máximo en una miel del 2008, con 130832 granos de polen/g. Este contenido máximo fue el más elevado de todas las mieles analizadas en este estudio.

El contenido medio de las mieles de Pontevedra fue de 19355 granos de polen/g, con una desviación típica de 14450 granos de polen/g de miel. Sin embargo, el valor mínimo fue considerablemente más elevado que los valores mínimos de las mieles de las otras provincias (2891 granos de polen/g en una miel del año 2009) frente a un máximo de 72864 granos de polen/g (correspondiente a una miel del 2008).

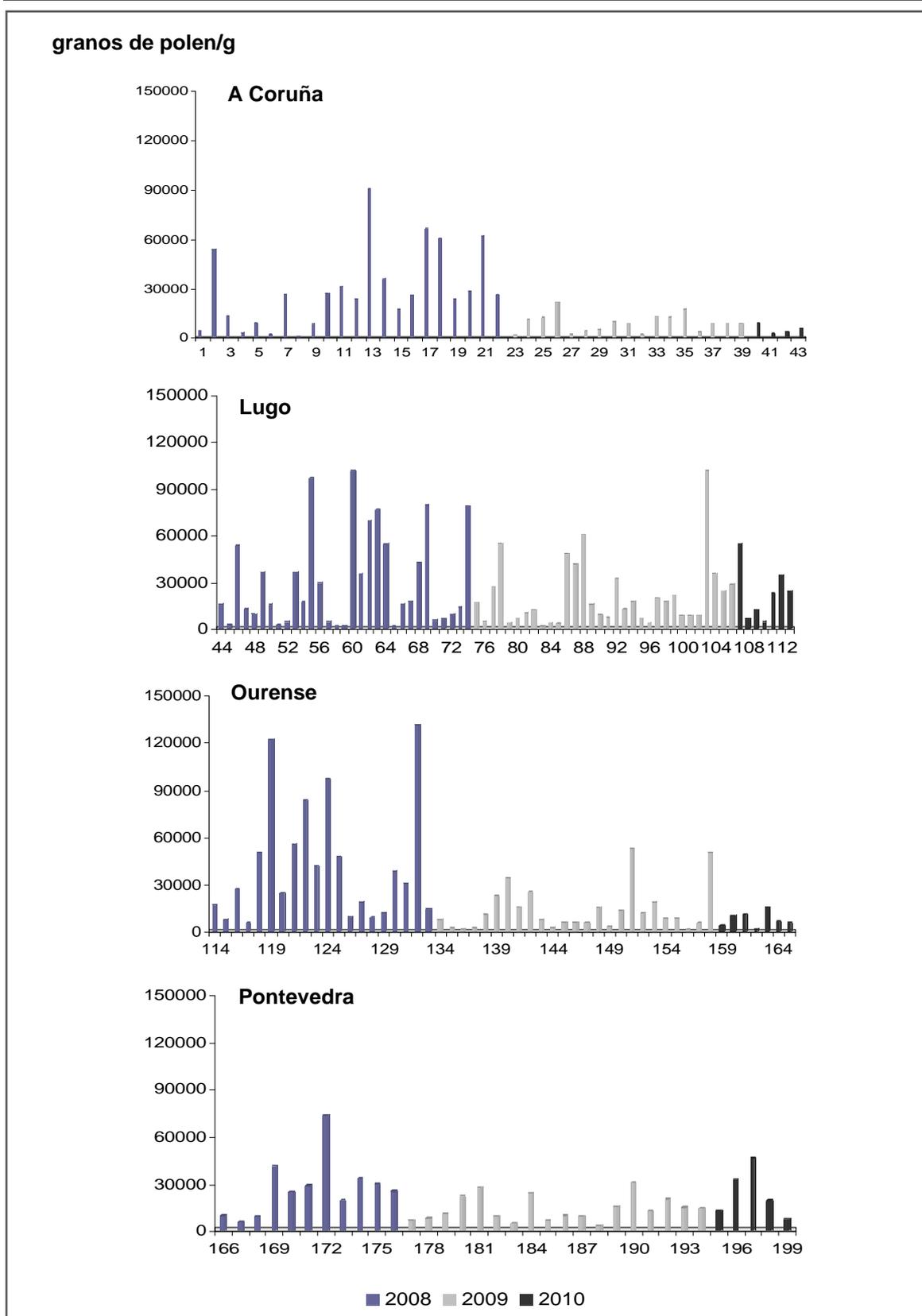


Figura 29. Contenido en granos de polen (granos de polen/g) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 30. Análisis descriptivo del contenido en polen (granos de polen/g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Min.	Max.
A Coruña	2008	22	29369b	23575	1132	90232
	2009	17	8313a	5720	1877	21626
	2010	4	14995	20996	865	46238
	Total	43	19707	20625	865	90232
Lugo	2008	31	32534	31550	989	101105
	2009	32	23142	23790	1632	104846
	2010	7	11709	8444	3056	24331
	Total	70	26158	27146	989	104846
Ourense	2008	20	41921bc	37927	5428	130832
	2009	25	13544a	13989	1132	52710
	2010	7	7685a	4728	1632	15531
	Total	52	23670	29096	1132	130832
Pontevedra	2008	11	26966b	18758	5322	72864
	2009	18	13606a	8005	2891	30461
	2010	5	23305	15594	7200	45503
	Total	34	19355	14450	2891	72864
Galicia	2008	84	32196bc	29258	989	130832
	2009	92	16775a	16927	1632	104846
	2010	23	15485a	12851	865	46237
	Total	199	23136	23860	865	130832

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de cosecha con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

El contenido medio de polen en las mieles de Galicia fue de 23136 granos de polen/g, con una desviación típica de 23860 granos de polen/g (Tabla 30). Las mieles de la cosecha del 2010 presentaron los contenidos más bajos, contabilizando un valor mínimo de 865 granos de polen/g. Por otra parte, las mieles del año 2008 presentaron el mayor contenido medio, de 32196 granos de polen/g y un valor máximo de 130832 granos de polen/g. Las mieles de este primer año de estudio mostraron diferencias significativas con respecto a las demás ($p < 0.05$).

Las mieles de la provincia de A Coruña y Pontevedra presentan un comportamiento similar en cuanto a su contenido polínico (Figura 29). En ambos casos, las producidas en el año 2008 tienen un contenido medio superior al de las mieles de las otras dos cosechas (29369 ± 23575 granos de polen/g y 26966 ± 18758 granos de polen/g, respectivamente) (Tabla 30). La riqueza polínica en las mieles del año 2009 fue notablemente más baja (8313 ± 5720 granos de polen/g

miel y 13606 ± 8005 granos de polen/g, respectivamente). Las diferencias son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En las mieles producidas en Lugo no hay diferencias significativas en función de su año de cosecha, con valores medios totales de 26158 ± 27146 granos de polen/g. Finalmente, en el caso de las mieles producidas en la provincia de Ourense durante el año 2008, su contenido polínico fue significativamente diferente y más elevado al de las otras dos cosechas ($p < 0.05$).

1.1.3.1. REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO POLÍNICO SEGÚN LAS CLASES DE MAURIZIO

Una forma de expresar la riqueza polínica de la miel es la clasificación de las muestras según la Clase de Maurizio a la que corresponden (Figura 30). Como se puede observar en la figura, mayoritariamente las muestras pertenecen a las clases II y III, un porcentaje menor pertenece a la clase IV y muy pocas muestras se incluyen en las clases V y I.

Un 43% de las mieles de A Coruña pertenecen a la clase II (el contenido varió entre 2055 y 9717 granos de polen/g), y un 40% a la clase III, con una variación entre 10947 y 35700 granos de polen/g. El resto, un 12% se clasificaron como clase IV, con un contenido entre 53478 y 90232 granos de polen/g, y finalmente el 5%, las de menor contenido en granos de polen, como clase I, con un contenido entre 1132 y 1876 granos de polen/g. En este grupo de muestras ninguna presentó un contenido mayor de 100000 granos de polen/g de miel (clase V).

También la mayor parte de las muestras de Lugo se clasifican en la clase II (33% de las muestras) y en la clase III (46% de las muestras). La clase II presentó una variación entre 2173 y 9483 granos de polen/g y la clase III entre 10050 y 48265 granos de polen/g. La clase IV (14% de las muestras) estuvo comprendida entre 53478 y 96536 granos de polen/g, mientras que la clase I y la clase V, fueron las menos representativas, un 4% y 3% de las muestras, respectivamente.

El 41% de las mieles de la provincia de Ourense se corresponden con la clase III, dónde el contenido varió entre 10050 granos de polen/g y 47330 granos de polen/g. El 37% de las mieles pertenecen a la clase II que comprendió valores entre 2070 granos de polen/g y 9352 granos de polen/g. El 12% de las mieles a la clase IV, con un contenido que varió entre 50163 granos de polen/g y 96536 granos de polen/g. Mientras que en la clase I se incluyen el 6% de las muestras, con un contenido comprendido entre 1132 granos de polen/g y 1687 granos de polen/g; y finalmente, en la clase V, un 4% de las muestras, con valores entre 121346 granos de polen/g y 130832 granos de polen/g.

Por último, el 62% de las mieles de Pontevedra se incluyen en la clase III, con un rango que va de 10681 granos de polen/g a 45503 granos de polen/g. La clase II (35%) varió entre un contenido de 2891 granos de polen/g y 9398 granos de polen/g y a la clase IV (3%) pertenece tan solo una muestra, con un contenido de 72864 polen/g de miel. En el resto de las clases (clase I y clase IV), no se ha clasificado ninguna muestra.

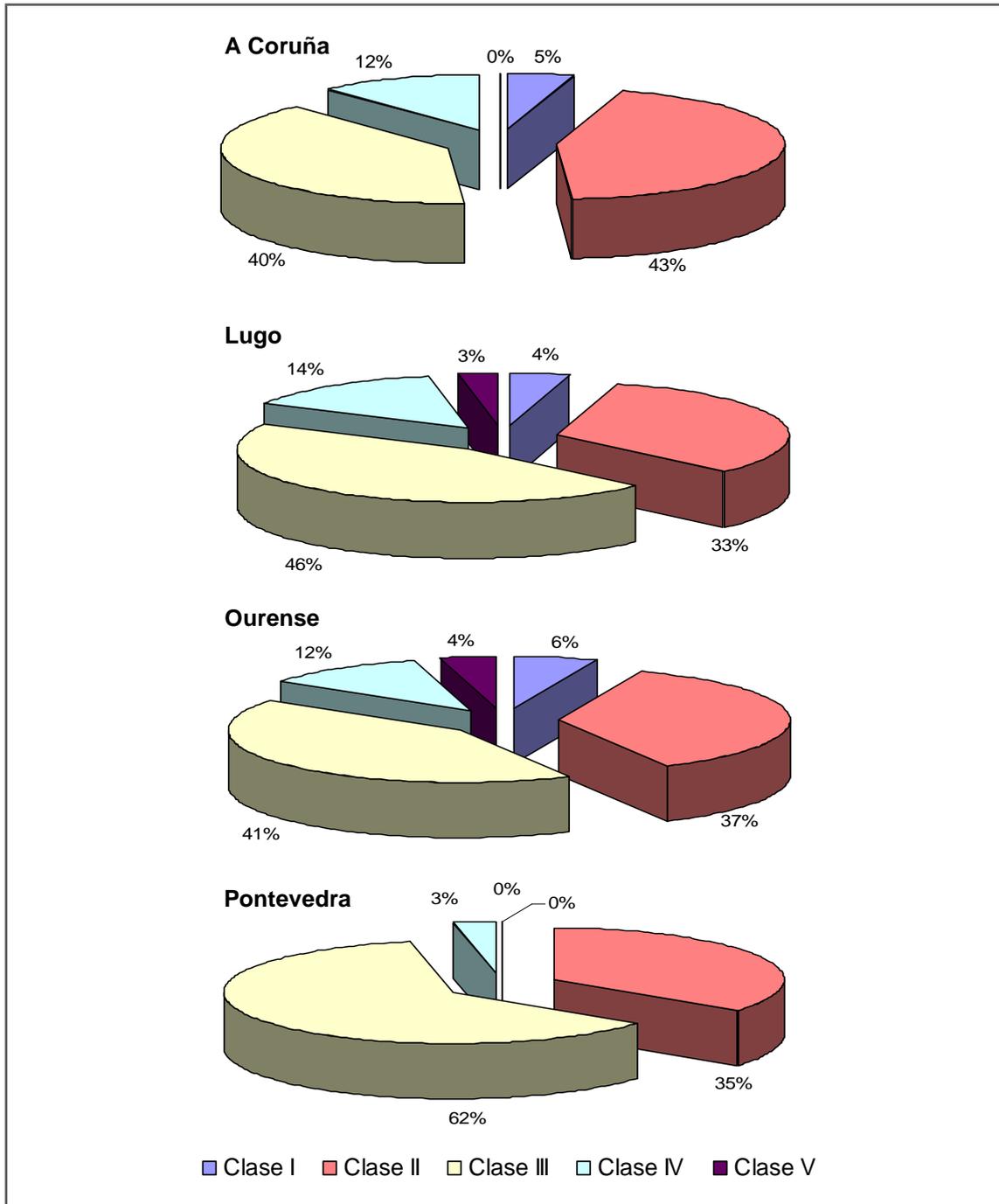


Figura 30. Porcentaje de muestras en cada clase de Maurizio según la provincia de procedencia.

1.2. ESTUDIO DE OTROS ELEMENTOS MICROSCÓPICOS

La microscopía óptica permite estudiar otras estructuras del sedimento de la miel. Entre estas estructuras se encuentran esporas de hongos, microalgas, conidios, levaduras, partículas de almidón, cristales de azúcar, tricomas vegetales, pelos, etc... La presencia de estos elementos puede estar relacionada con el estado de conservación del producto, con su procesado o con la procedencia botánica.

El origen de estos elementos en la miel puede ser debido a contaminaciones del producto durante la extracción y el procesado, a contaminaciones en el interior de la colmena o a una introducción primaria durante la elaboración de la miel por las abejas. En este último caso las abejas los recogerían junto con el néctar y/o mielada. En la tabla inferior (Tabla 31) se indican los elementos que han sido identificados con el grupo taxonómico al que pertenecen.

Tabla 31. Elementos fúngicos identificados.

Elemento fúngico	División	Clase	Orden	Familia
<i>Alternaria</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Bipolaris</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Curvularia</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Pleospora</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Stemphylium</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Sporidesmium</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Leptosphaeria</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Leptosphaeriaceae
<i>Helminthosporium</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Massarinaceae
<i>Fusicladium</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Venturiaceae
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	Dothideomycetes	Capnodiales	Davidiellaceae
<i>Botrytis</i>	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	Sclerotiniaceae
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae
<i>Amphisphaeria</i>	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Amphisphaeriaceae
<i>Torula</i>	Ascomycota			
Myxomycetes	Myxomycota			
Basidiosporas	Basidiomycota	Basidiomycetes		
Esporas helecho	Pteridophyta			
Uredinosporas				
<i>Metschnikowia</i>	Ascomycota	Saccharomycetes	Saccharomycetales	Metschnikowiaceae

Para la expresión de los resultados obtenidos se ha utilizado el mismo procedimiento que para el estudio palinológico. Si bien, es de tener en cuenta que estos elementos presentan una mayor variabilidad en la frecuencia que los granos de polen. Se han encontrado muestras en las que los elementos fúngicos están presentes con relativa frecuencia y otras en las que no se han encontrado. Este es el caso de la levadura *Metschnikowia* y de ciertas esporas patógenas de vegetales, y que presentarán una relevancia especial para la tipificación de la miel.

1.2.1. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS ELEMENTOS FÚNGICOS

La tabla 32 y tabla 33 indican las clases de frecuencia, el número de muestras en las que el tipo alcanza esa clase y el valor mínimo y máximo del elemento correspondiente según la procedencia geográfica de la miel.

De las muestras analizadas procedentes de A Coruña, el 60.5% presentaron estructuras de este tipo. La levadura *Metschnikowia* y la espora *Cladosporium* fueron las predominantes, presentes en más del 50% de las muestras (Tabla 32). Otros elementos a destacar por su abundancia (> 20% en las muestras) fueron el grupo de los Myxomycetes, *Leptosphaeria* y *Aspergillus/Penicillium*. Algunos de ellos, suponen más del 45% (D) de los elementos identificados en la muestra. Este es el caso de la levadura *Metschnikowia* en 17 mieles, *Cladosporium* en 4 mieles, *Aspergillus/Penicillium* en 2 muestras y las esporas de helecho en 1 muestra. Como elemento fúngico acompañante (A) se han encontrado esporas de Basidiosporas y Myxomicetes. Otras esporas patógenas de vegetales, como *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Leptosphaeria*, *Botrytis* y *Stemphylium* han aparecido sobre todo como elemento fúngico importante (I) y elemento fúngico minoritario (R).

Se han encontrado elementos de este grupo en el 80% de las muestras de la provincia de Lugo, siendo los más abundantes *Cladosporium* y *Metschnikowia*, con un porcentaje de representación del 75.7% y 67.1%, respectivamente (Tabla 32). Con menor presencia se detectaron *Leptosphaeria* (35.7%), Myxomycetes (31.4%), *Stemphylium* (27.1%), *Aspergillus/Penicillium* (25.7%) y Basidiosporas (21.4%). Destacan *Metschnikowia*, *Cladosporium*, *Aspergillus/Penicillium* y *Leptosphaeria* como elementos dominantes (D), mientras que Myxomycetes y *Stemphylium* se han encontrado como elementos secundarios. El resto suponen menos del 15% de los elementos identificados en las muestras.

Tabla 32. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los elementos fúngicos identificados en las mieles de A Coruña y Lugo.

Elementos fúngicos	A Coruña (N = 43)							Lugo (N = 70)						
	Clases de frecuencia					%	Max.	Clases de frecuencia					%	Max.
	P	R	I	A	D			P	R	I	A	D		
<i>Alternaria</i>	-	3	-	-	-	7.0	2.1	1	2	3	-	-	8.6	14.3
<i>Amphisphaeria</i>	-	-	1	-	-	2.3	4.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus/Penicillium</i>	-	-	4	3	2	20.9	87.5	1	2	9	5	1	25.7	50.0
Basidiosporas	2	-	3	1	-	14	16.7	2	8	5	-	-	21.4	11.1
<i>Bipolaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	4.3	4.8
<i>Botrytis</i>	-	1	-	-	-	2.3	2.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i>	-	-	8	11	4	53.5	80.0	3	7	20	14	9	75.7	80.0
<i>Curvularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1.4	3.6
Esporas helecho	-	-	1	-	1	4.7	60.0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fusicladium</i>	3	2	1	-	-	14.0	6.3	-	2	3	-	-	7.1	9.8
<i>Helminthosporium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2.8	14.3
<i>Leptosphaeria</i>	1	2	7	-	-	23.3	13.3	6	6	8	4	1	35.7	50.0
<i>Metschnikowia</i>	-	-	4	2	17	53.5	91.7	1	-	1	10	35	67.1	100
Myxomycetes	-	3	9	1	-	30.2	20.0	2	4	9	7	-	31.4	28.6
<i>Pleospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stemphylium</i>	1	2	1	-	-	9.3	3.3	2	7	8	2	-	27.1	25.0
<i>Torula</i>	-	1	-	-	-	2.3	1.7	-	-	3	-	-	4.3	14.3
Uredinosporas	2	1	3	-	-	14.0	4.2	2	2	8	-	-	17.1	14.3
N.I.	1	1	4	-	-	14.0	14.3	1	6	5	-	-	17.1	14.3

P: presente (<1%), R: minoritario (1-3%), I: importante (3-15%), A: secundario (15-45%), D: dominante (>45%). Rep.: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado. N.I.: no identificado.

En el caso de las mieles de la provincia de Ourense, el 73.1% contienen estos elementos (Tabla 33). De las estructuras identificadas, *Cladosporium* fue la más abundante, presente en el 69.2%. Le sigue en abundancia, *Leptosphaeria*, presente en un 50%, *Myxomycetes* y *Stemphylium* en un 48.1%, *Aspergillus/Penicillium* en un 38.5% y *Metschnikowia* y *Uredinosporas* en un 32.7%. El resto está presente en menos del 30% de las mieles. De nuevo, fue dominante (D) *Metschnikowia* en 7 muestras, *Cladosporium* en 5 muestras, *Aspergillus/Penicillium* en 3 muestras, *Myxomycetes* en 1 muestra y *Uredinosporas* también en 1 muestra. Además de estos elementos también se han encontrado como acompañantes (A), *Leptosphaeria* y *Stemphylium*.

El 61.8% de las mieles de Pontevedra presentaron elementos fúngicos (Tabla 33). La levadura *Metschnikowia* y la espora *Cladosporium* fueron las predominantes y estuvieron presentes en el 58.8% y 52.9% de las muestras, respectivamente. Otros elementos frecuentes son *Aspergillus/Penicillium* con un porcentaje de 26.5% y *Leptosphaeria* con un porcentaje de 20.6%. *Stemphylium* se encontraron en un

Resultados

17.6% de las mieles de esta provincia y Basidiosporas en un 14.7%. Los elementos dominantes (D) fueron *Metschnikowia* en 12 mieles, *Cladosporium* en 4 mieles, *Aspergillus/Penicillium* en 3 mieles y Myxomicetes en 1 muestra. Como elementos acompañantes (A) se encontraron además de las estructuras anteriores, esporas de *Alternaria*, *Leptosphaeria* y *Stemphylium*. Basidiosporas, *Curvularia*, Uredinosporas y *Fusicladium* fueron importantes (I), mientras que el resto se han considerado elementos de menor importancia (R).

Tabla 33. Clases de frecuencias, porcentaje de representación y valor máximo para los elementos fúngicos identificados en las mieles de Ourense y Pontevedra.

Elementos fúngicos	Ourense (N = 52)							Pontevedra (N = 34)						
	Clases de frecuencia					%	Max.	Clases de frecuencia					%	Max.
	P	R	I	A	D			P	R	I	A	D		
<i>Alternaria</i>	1	1	10	-	-	23.1	14.3	-	1	-	1	-	5.9	20.0
<i>Amphisphaeria</i>	-	1	1	-	-	3.8	4.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus/Penicillium</i>	-	2	2	13	3	38.5	80.0	-	1	2	3	3	26.5	80.8
Basidiosporas	2	2	11	-	-	28.8	11.1	-	1	4	-	-	14.7	10.0
<i>Bipolaris</i>	-	-	1	-	-	1.9	3.8	-	1	-	-	-	2.9	1.0
<i>Botrytis</i>	-	1	-	-	-	1.9	1.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i>	-	-	6	25	5	69.2	64.3	-	1	7	6	4	52.9	66.7
<i>Curvularia</i>	-	1	1	-	-	3.8	3.8	-	-	1	-	-	2.9	6.7
Esporas helecho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fusicladium</i>	-	1	3	-	-	7.7	14.3	-	-	1	-	-	2.9	6.7
<i>Helminthosporium</i>	-	1	2	-	-	5.8	8.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptosphaeria</i>	-	5	14	7	-	50.0	38.5	-	2	2	3	-	20.6	20.0
<i>Metschnikowia</i>	-	2	4	4	7	32.7	98.3	-	-	6	2	12	58.8	93.8
Myxomicetes	2	1	14	7	1	48.1	46.8	-	1	-	1	1	8.8	53.3
<i>Pleospora</i>	1	-	1	-	-	3.8	7.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2.9	2.3
<i>Stemphylium</i>	-	4	12	9	-	48.1	40.9	-	3	2	1	-	17.6	18.2
<i>Torula</i>	-	1	2	-	-	5.8	10.0	-	-	-	-	-	-	-
Uredinosporas	1	3	10	2	1	32.7	66.7	-	-	4	-	-	11.8	13.3
N.I.	-	3	5	1	-	17.3	17.4	-	1	-	-	-	2.9	1.5

P: presente (<1%), R: minoritario (1-3%), I: importante (3-15%), A: secundario (15-45%), D: dominante (>45%). Rep.: porcentaje de representación. Max.: porcentaje máximo contabilizado. N.I.: no identificado.

1.2.2. LA LEVADURA *Metschnikowia*

Los resultados obtenidos de algunos elementos mencionados anteriormente se detallarán a continuación debido a su posible utilidad para la tipificación de la miel.

La levadura *Metschnikowia* está presente en un gran número de las muestras estudiadas (Figura 31), y además cuando está presente alcanza valores muy elevados. Se trata sin duda, del elemento de mayor relevancia en algunos tipos de miel como se explicará en el apartado de *Discusión*.

Rara vez su valor es bajo y casi siempre supera el 50% de los elementos fúngicos identificados en la muestra. Concretamente, se ha encontrado en el 67.1% de las muestras de Lugo, en el 58.8% de las muestras de Pontevedra, en el 53.5% de las muestras de A Coruña y en el 32.7% de las muestras de Ourense.

Como se puede observar en la figura 31 la levadura *Metschnikowia* fue encontrada en mayor cantidad en las provincias de A Coruña, Lugo y Pontevedra, siendo las mieles de Lugo las que presentaron el porcentaje medio más elevado. Se han encontrado diferencias significativas entre los porcentajes medios de *Metschnikowia* para las mieles de Lugo y Ourense ($p < 0.05$), con un valor de 46.5% en las mieles de Lugo, frente a 14.1% en las mieles de Ourense. Sin embargo, se puede observar en el diagrama de cajas que algunos datos de esta levadura en las mieles de la provincia de Ourense se dispersan con valores por encima de 25% (Figura 32).

Las mieles de A Coruña y Pontevedra presentaron un contenido en *Metschnikowia* similar, con valores medios en torno al 30%. Sin embargo, se contabilizaron algunos valores máximos, que superaron el 90%, en muestras de las cuatro provincias (Figura 31 y Figura 32).

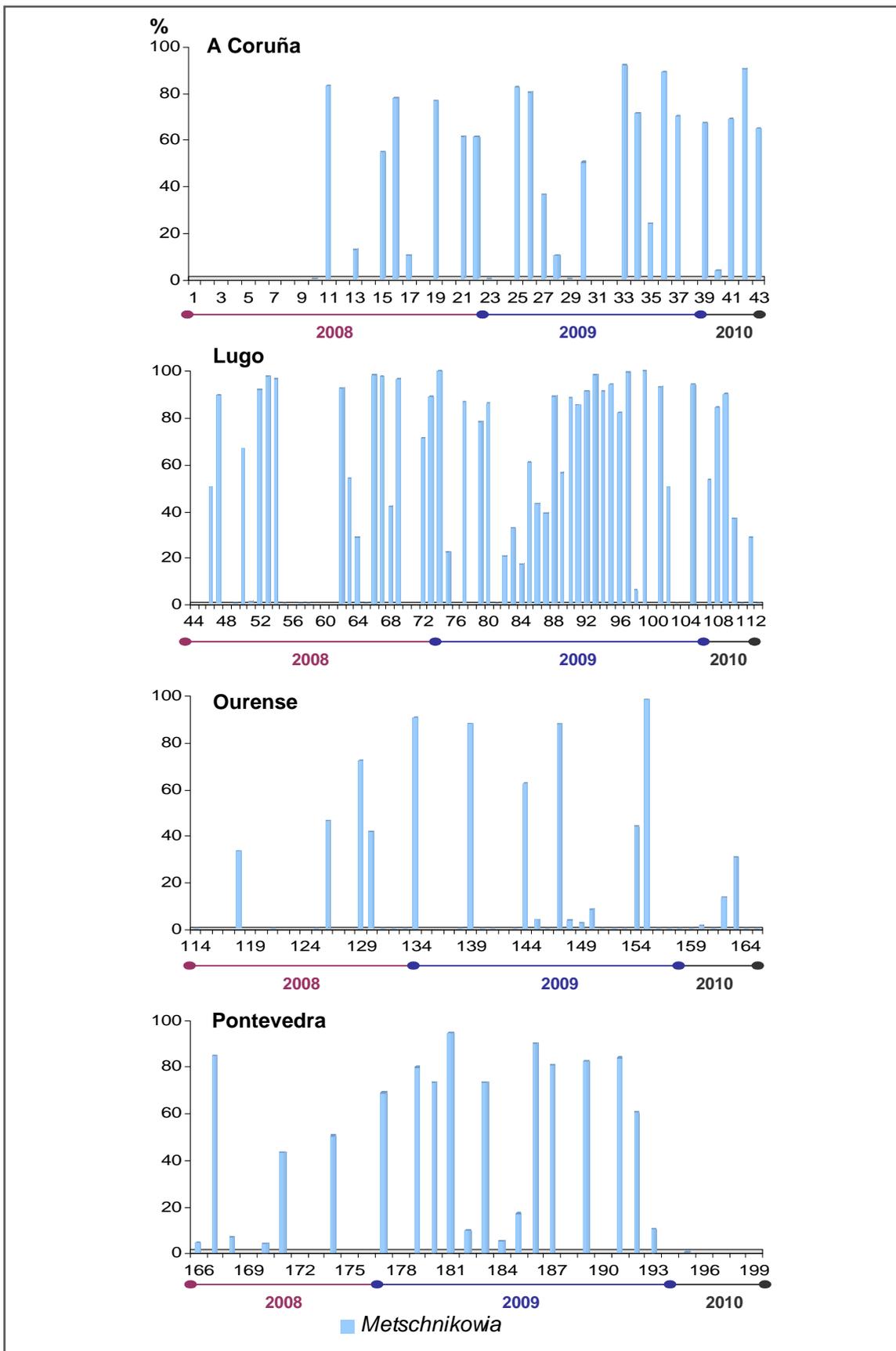


Figura 31. Distribución de *Metschnikowia* (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

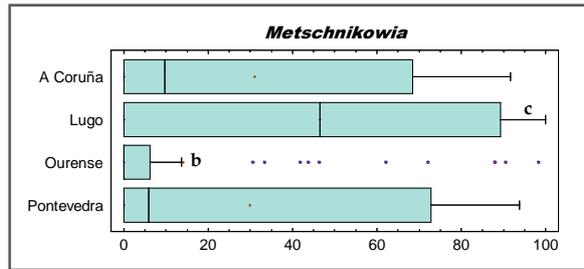


Figura 32. Diagrama de cajas para *Metschnikowia* por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

El diagrama de cajas para los porcentajes de *Metschnikowia* por año de producción muestran una clara diferencia entre los años 2008 y 2009, siendo los valores medios significativamente diferentes ($p < 0.05$) (Figura 33). De esta forma, el porcentaje medio en las mieles del 2009 fue notablemente superior (40%), así como el rango de variación de los datos. Mientras que las mieles del 2008 presentaron valores medios semejantes a los del año 2010, en torno al 25%.

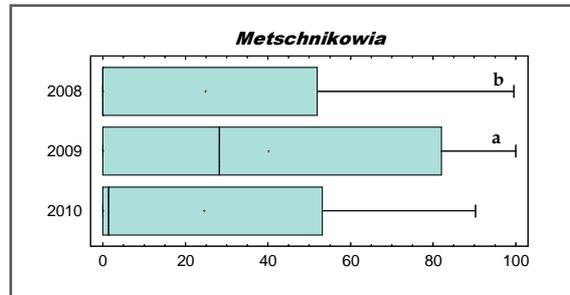


Figura 33. Diagrama de cajas para *Metschnikowia* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

1.2.3. ELEMENTOS FÚNGICOS FRECUENTES

En este grupo de elementos fúngicos, se han incluido las esporas de hongos que son muy frecuentes en el ambiente y que como consecuencia pueden aparecer en la miel de forma accidental sin que su presencia se pueda vincular a un origen específico. Se trata de *Cladosporium*, *Myxomicetes* y *Aspergillus/Penicillium* (Figura 34).

Cladosporium es uno de los elementos fúngicos predominantes en las mieles de A Coruña. Está presente en el 53.5% de las muestras, mientras que *Myxomicetes* está presente en 30.2% y *Aspergillus/Penicillium* en el 20.9%. Este último taxa ha alcanzado el valor de 87.5% en una muestra de miel del año 2009, aunque lo habitual es que no supere el 30%. Por otra parte, *Myxomycetes* tuvo un porcentaje medio en estas mieles de 4.8%, destacando una muestra del 2008, con un porcentaje del 20% sobre el total de elementos identificados.

En cuanto a las mieles de Lugo, *Cladosporium* también fue el género predominante y se ha encontrado en el 75.7% de las muestras (Figura 34). Además en varias muestras está presente en porcentajes por encima del 60%. Los otros dos elementos fúngicos se han encontrado en menos muestras, *Myxomycetes* en el 31.4% y *Aspergillus/Penicillium* en el 25.7%. Aunque en una muestra del año 2010, *Aspergillus/Penicillium* representó el 50% sobre los demás elementos identificados.

Sin embargo, en las mieles de la provincia de Ourense, *Cladosporium* es menos frecuente. Se ha encontrado en el 69.2% de las muestras; mientras que la presencia de conidios de *Myxomicetes* y conidios de *Aspergillus/Penicillium* fue similar en el 48.1% y 38.1% de las muestras, respectivamente (Figura 34). En una muestra del 2010 ha destacado *Aspergillus/Penicillium* con un valor del 80%.

Finalmente, en las mieles de Pontevedra las esporas de *Cladosporium* estuvieron presentes en el 52.9% de las muestras, mientras que *Aspergillus/Penicillium* solo se encontró en el 26.5% y *Myxomicetes* en el 8.8%. En general, como se puede apreciar en la figura 34, los conidios de *Aspergillus/Penicillium* presentaron los valores más elevados, superando el 60% en varias muestras.

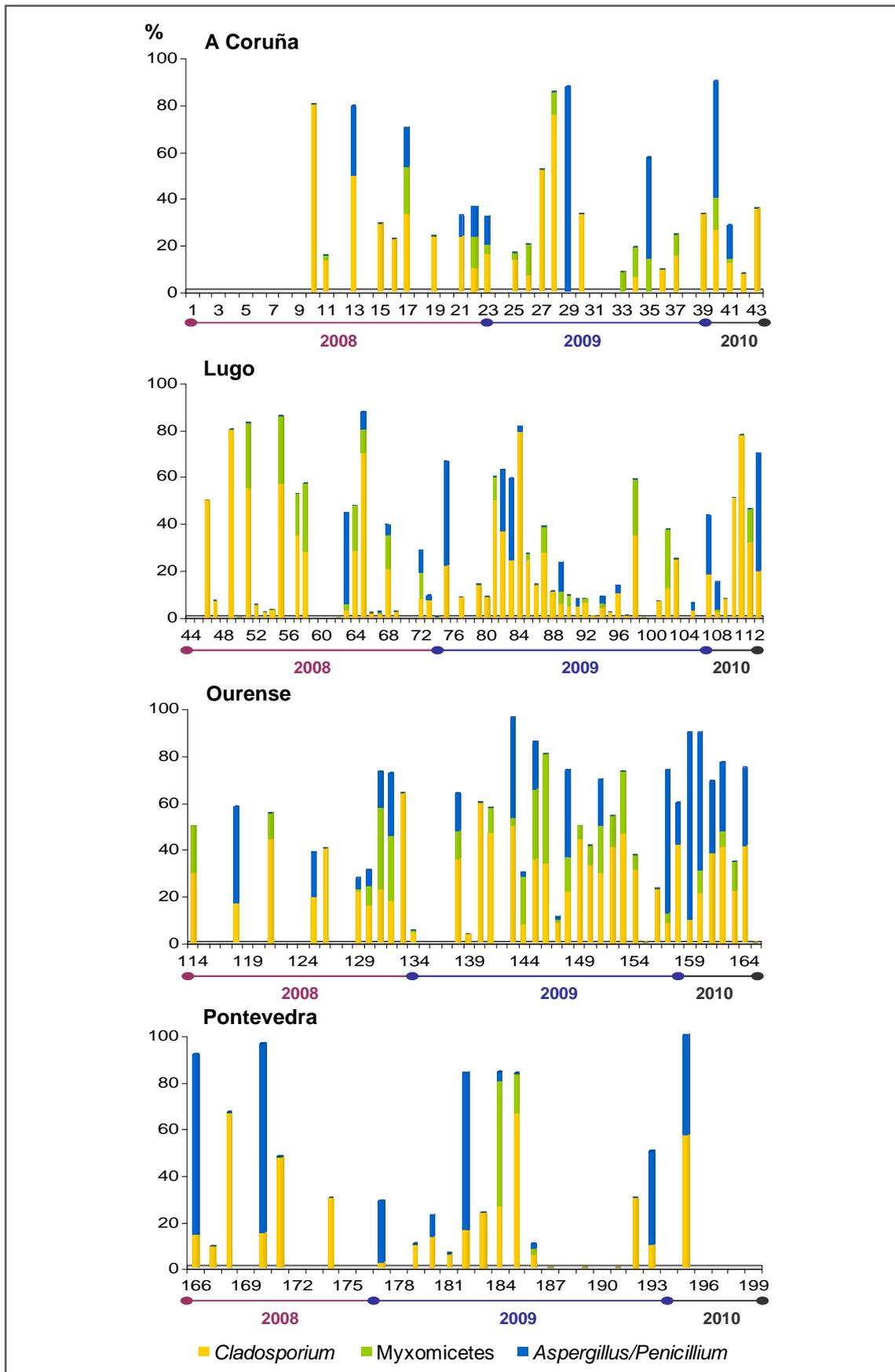


Figura 34. Distribución de elementos frecuentes (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

A continuación se comenta la dispersión de los datos y los porcentajes medios que representa cada elemento fúngico en las mieles según su origen geográfico (Figura 35). Estadísticamente no se han encontrado diferencias significativas en *Cladosporium*, *Myxomicetes* y *Aspergillus/Penicillium*.

Cladosporium, presenta el valor medio más importante desde el punto de vista cuantitativo, por encima de 20% en las mieles de Ourense. Aunque en algunas mieles de A Coruña y Lugo se encontraron valores que superaron el 75%, valores máximos contabilizados para este tipo.

Los porcentajes de *Myxomicetes* y *Aspergillus/Penicillium* en su mayoría fueron bajos, inferiores a *Cladosporium*. Los valores medios más altos se encontraron en las mieles de Ourense, superando en todos los casos el 10%.

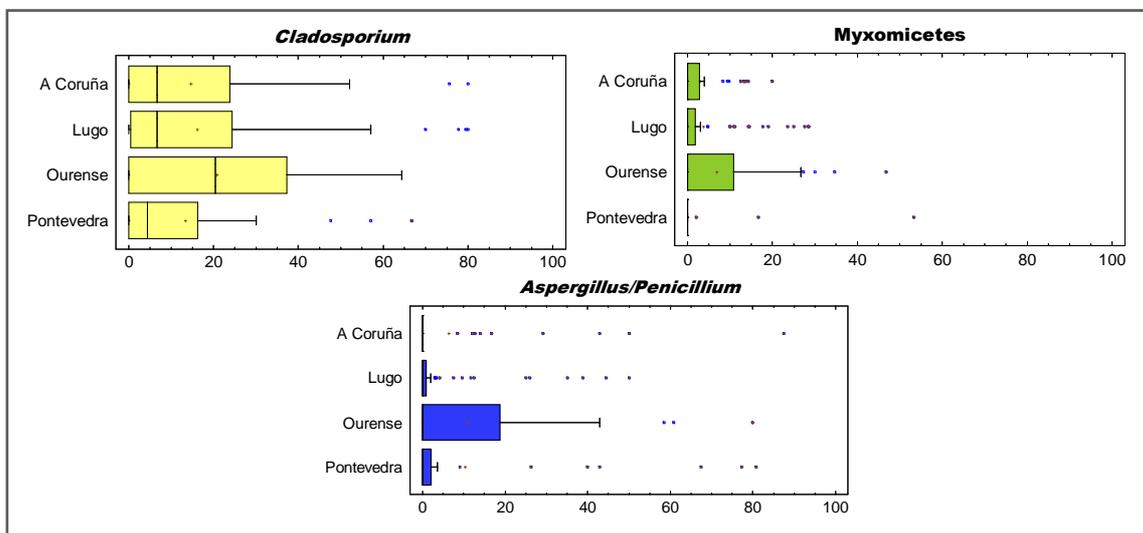


Figura 35. Diagrama de cajas para *Cladosporium*, *Myxomicetes* y *Aspergillus/Penicillium* por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

Teniendo en cuenta el año de producción (Figura 36), no se han encontrado diferencias significativas para *Cladosporium* y *Myxomicetes*. En el caso de *Cladosporium*, a pesar de encontrarse en porcentajes elevados, sus valores medios por año fueron similares, cercanos al 20%. Lo mismo ha ocurrido con el contenido de *Myxomicetes*, aunque su contenido ha sido considerablemente menor, los valores medios por cosecha fueron semejantes, cercanos al 4%.

Sin embargo, se han observado diferencias significativas de *Aspergillus/Penicillium* entre las mieles del 2010 y las demás cosechas ($p < 0.05$), representando un valor medio superior, por encima del 18%. Por otro lado, en las mieles del 2008 y 2009, los datos de estas esporas se dispersan mucho más,

encontrándose los valores máximos en estos años, aunque sus porcentajes medios se mantienen por debajo del 7%.

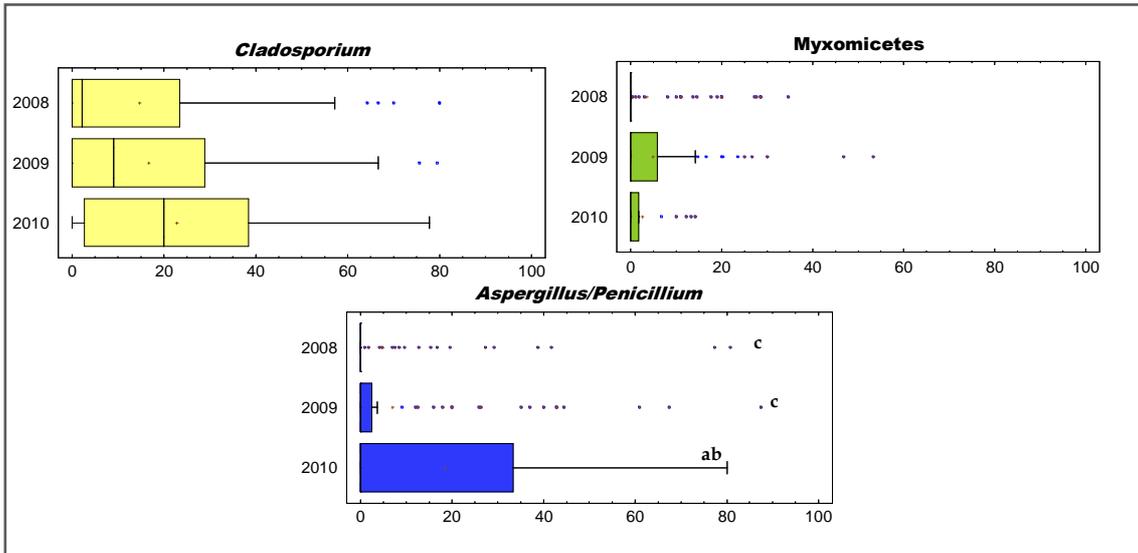


Figura 36. Diagrama de cajas para *Cladosporium*, *Myxomicetes* y *Aspergillus/Penicillium* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

1.2.4. OTROS ELEMENTOS FÚNGICOS DE INTERÉS

Un grupo de elementos del sedimento de la miel que puede tener especial interés, es el formado por las esporas procedentes de hongos patógenos de los vegetales, como son *Leptosphaeria*, *Alternaria*, *Stemphylium*, Urediniosporas y *Helminthosporium*. El origen de estos elementos en la miel puede ser debido a la actividad de las abejas sobre los vegetales, sobre todo cuando recogen secreciones de sus partes verdes. La presencia de estos elementos es relativamente frecuente en las mieles estudiadas existiendo importantes diferencias entre unas muestras y otras (Figura 37). En las mieles de la provincia de A Coruña y Pontevedra el contenido fúngico de este tipo es escaso, mientras que las mieles de Lugo y Ourense tienen los porcentajes más elevados.

El elemento fúngico encontrado en mayor contenido en las mieles de A Coruña se correspondió con *Leptosphaeria*, en más del 20% de las muestras. El resto estuvo presente en menos del 10% de las muestras.

Los tipos de esporas más frecuentes en las mieles de Lugo fueron *Leptosphaeria* y *Stemphylium*, estos pueden llegar a alcanzar porcentajes del 50% en los espectros fúngicos de la miel. La presencia de Urediniosporas y *Alternaria* es menor. Los valores máximos de estos tipos se han encontrado en la cosecha del año 2008 (14.3%).

También en las mieles de Ourense *Stemphylium* y *Leptosphaeria* fueron los más relevantes. *Leptosphaeria* obtuvo un máximo de 38.5% y *Stemphylium* de 40.9% en mieles de la cosecha del 2009. El resto de los elementos fúngicos incluidos en este grupo tuvieron un contenido medio menor. Cabe destacar el 66.7% de Urediniosporas contabilizado en una muestra de la cosecha del año 2010.

La presencia de estos elementos en las muestras procedentes de Pontevedra es discreta, aunque se han estudiado muestras con porcentajes de *Leptosphaeria* y *Stemphylium* relevantes. En tres muestras de la cosecha del 2009, es de destacar la presencia de *Leptosphaeria* con un porcentaje superior al 15% del contenido fúngico y *Stemphylium* que alcanzó casi el 20% en una de ellas. El resto de las esporas de hongos patógenos fueron poco frecuentes y tuvieron un contenido bajo, inferior al 2%. Destacar únicamente *Alternaria* con un 18.2% en una muestra de la año 2009 y Urediniosporas con un valor de 13.3% en una muestra de la cosecha del 2008. Las mieles del año 2010 apenas presentaron este tipo de esporas.

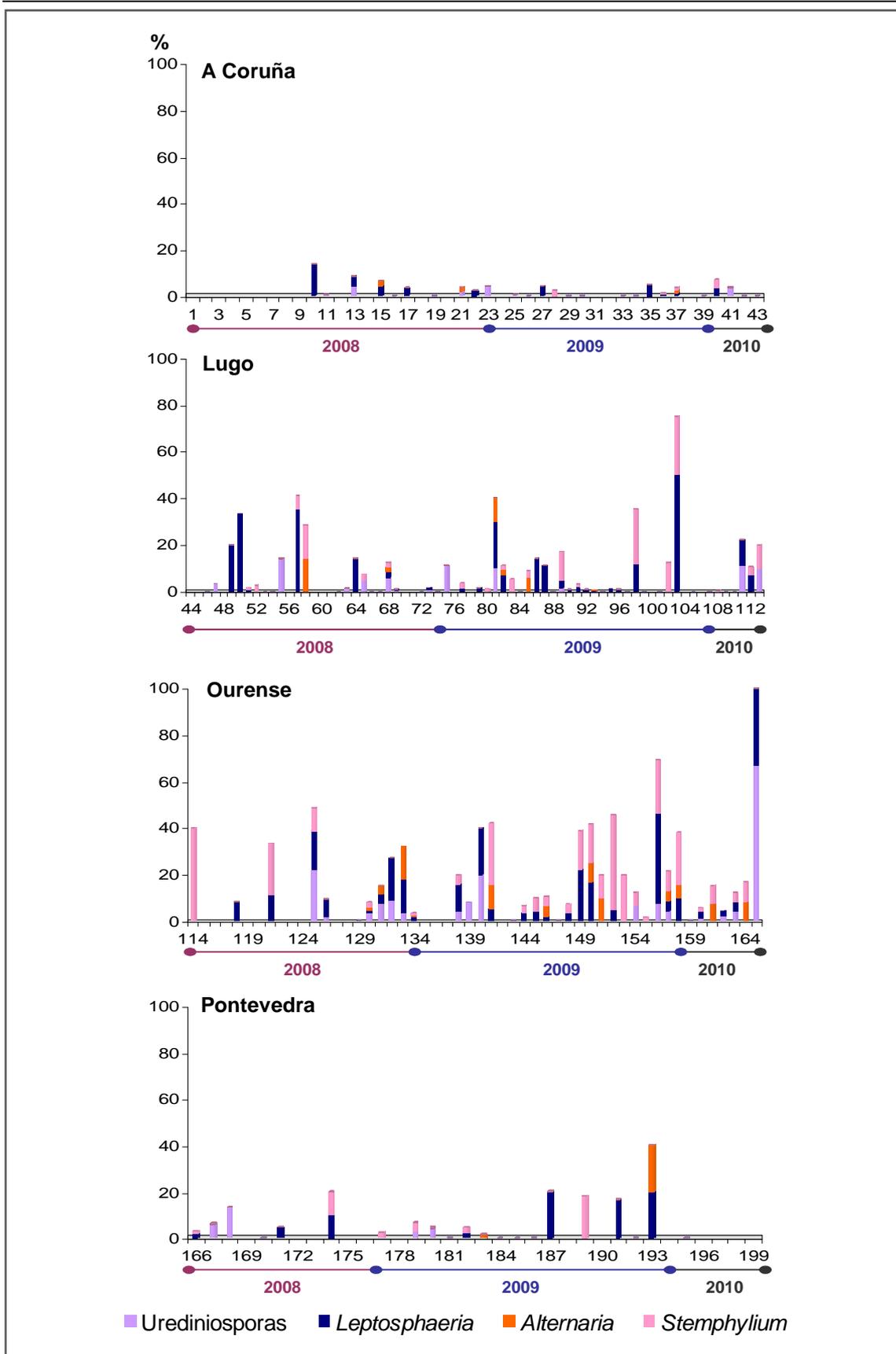


Figura 37. Distribución de otros elementos (%) en las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

En el caso de *Urediniosporas* y *Leptosphaeria* se ha visto que existen diferencias significativas en el porcentaje medio entre las mieles de A Coruña y Ourense ($p < 0.05$), siendo superior en ambos elementos en las de Ourense, con valores de 3.3% y 5.2%, respectivamente (Figura 38). En el resto de mieles el análisis aplicado por provincia no ha mostrado diferencias significativas, y sus valores medios rondaron el 1% para *Urediniosporas* y 3% para *Leptosphaeria*.

Stemphylium es otro de los elementos encontrados en algunas mieles en cantidades importantes, correspondiendo los valores máximos a las mieles de Ourense y Lugo. Además cabe destacar que para este tipo las mieles de Ourense fueron significativamente diferentes con las mieles de las demás provincias ($p < 0.05$), mostrando el porcentaje medio mayor (6.0%). Las mieles de A Coruña tienen el menor contenido, con un valor medio inferior al 0.2%. En las mieles de las provincias de Lugo y Pontevedra el porcentaje medio estuvo cercano al 1.5%.

Finalmente, *Alternaria* fue la que apareció en menor cantidad. Las mieles agrupadas por provincia no presentaron diferencias significativas y sus valores medios rondaron el 1%. Cabe destacar algunos valores máximos, por encima del 15%, encontrados en mieles de Lugo, Ourense y Pontevedra.

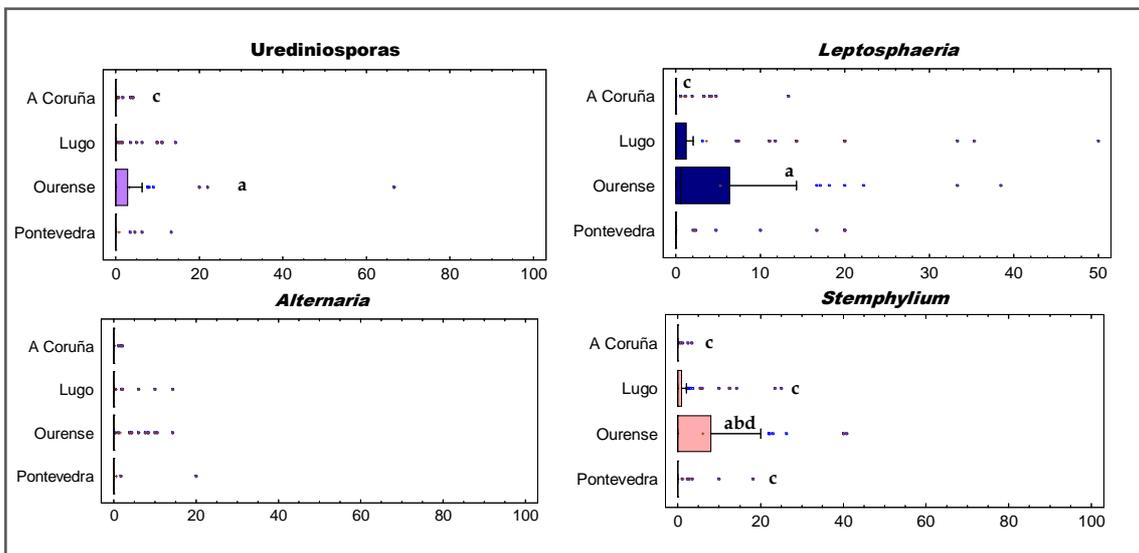


Figura 38. Diagrama de cajas para *Urediniosporas*, *Leptosphaeria*, *Alternaria* y *Stemphylium* por provincia (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

Si comparamos el porcentaje medio contabilizado en las mieles por año (Figura 39), *Urediniosporas* mostró diferencias significativas entre las mieles del 2010 y el resto ($p < 0.05$), siendo el último año el de mayor porcentaje, por encima del 4%. Es de interés resaltar el valor máximo de 66.7% cuantificado en una miel de este mismo año.

Otro elemento identificado que presentó diferencias significativas entre las mieles de los dos primeros años fue *Stemphylium* ($p < 0.05$). En este caso, las mieles del 2009 presentaron el porcentaje medio más elevado (3.6%). En el resto de las mieles, del 2008 y 2010 su porcentaje medio estuvo por debajo del 1.8%, sin embargo, los valores máximos pertenecen a mieles de estas cosechas, superando el 25% en varias muestras.

El resto de elementos, *Leptosphaeria* y *Alternaria* no mostraron diferencias significativas entre cosechas. En el caso de *Leptosphaeria* el porcentaje medio en las tres cosechas estuvo entorno al 3%, con valores máximos por encima del 30% en varias muestras. Sin embargo, las esporas de *Alternaria* no superaron el 1% en valor medio en ningún año de muestreo.

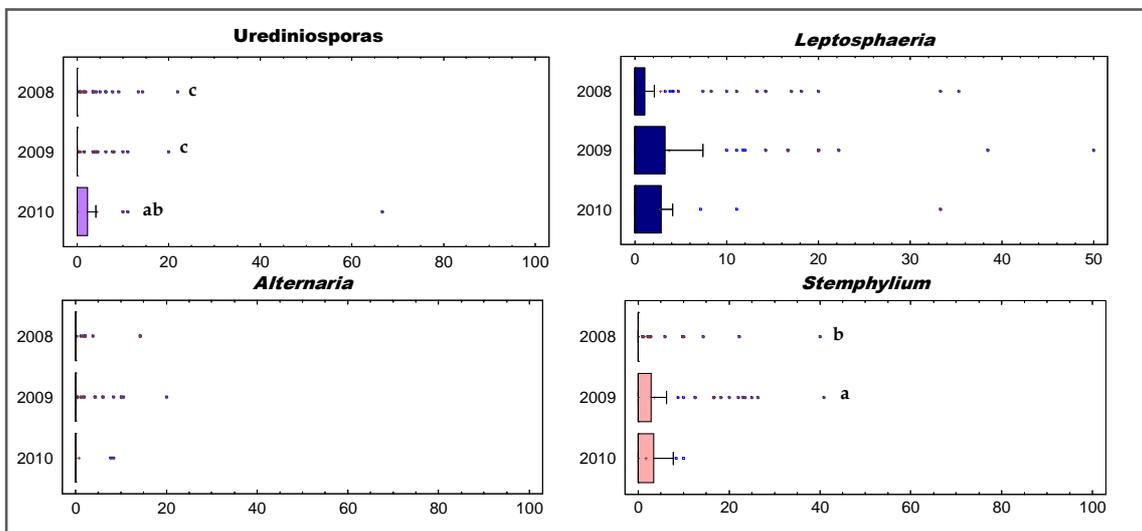


Figura 39. Diagrama de cajas para *Urediniosporas*, *Leptosphaeria*, *Alternaria* y *Stemphylium* por año de cosecha (las letras muestran diferencias significativas según el test de Bonferroni con $p < 0.05$).

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

2.1. HUMEDAD

El porcentaje medio de humedad de las mieles analizadas en este estudio fue de 17.5% y con una variación entre el 14.4 y 20.8% (Tabla 34). El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 17.4 y 17.7%. La tabla 34 resume los resultados del contenido de humedad, teniendo en cuenta la provincia a la que pertenecen las muestras y el año de producción.

Tabla 34. Análisis descriptivo del porcentaje de humedad de las mieles de Galicia distribuidas por provincia y cosecha.

	Humedad (%)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	17.9c	1.0	17.6	18.2	14.4	20.8
	Lugo	70	17.6	0.8	17.4	17.8	16.0	19.8
	Ourense	52	17.3a	0.9	17.0	17.5	15.5	19.4
	Pontevedra	34	17.5	0.8	17.1	17.6	16.0	19.6
Año	2008	84	17.6	1.0	17.4	17.8	14.4	20.8
	2009	92	17.4c	0.9	17.2	17.6	15.5	19.8
	2010	23	17.9b	0.9	17.6	18.3	16.0	19.6
	TOTAL	199	17.5	0.9	17.4	17.7	14.4	20.8

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Las mieles de A Coruña presentaron un contenido medio de humedad mayor (17.9%) que las de las otras tres provincias; sin embargo, las diferencias solo fueron significativas ($p < 0.05$) con respecto a la humedad media de las de Ourense (17.3%) que fueron las que mostraron el valor más bajo. Los porcentajes medios para las muestras de Lugo y Pontevedra fueron similares (17.6% y 17.5%, respectivamente), aunque se encontraron algunas muestras con valores cercanos al 20% (Figura 40).

La variabilidad del porcentaje de humedad de las mieles para cada provincia es pequeña, tal y como se refleja en los valores máximo y mínimo de la tabla 34 y en la figura 40.

En cuanto a la humedad de las mieles por año de producción (Tabla 34) se ha comprobado que el porcentaje medio más elevado se corresponde con las del 2010 (17.9%), observándose diferencias significativas ($p < 0.05$) únicamente con las de 2009 (17.4%). Señalar que, entre las muestras del 2008, están las que presentan el porcentaje de humedad más alto y más bajo.

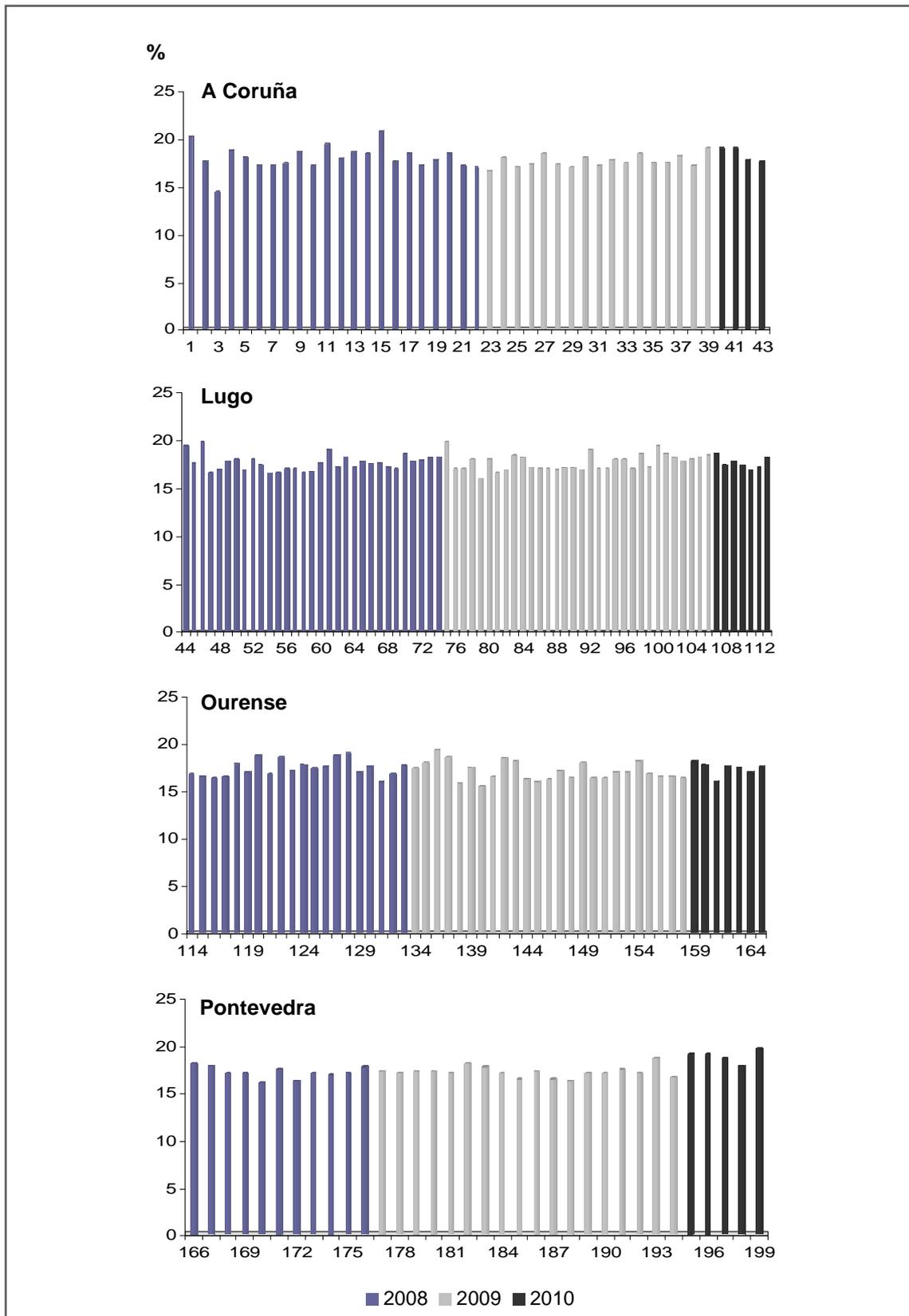


Figura 40. Distribución del porcentaje de humedad de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 35. Análisis descriptivo del porcentaje de humedad de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	18.0	1.3	17.4	18.5	14.4	20.8
	2009	17	17.6	0.6	17.3	17.9	16.6	19.0
	2010	4	18.3	0.7	17.1	19.6	17.6	19.0
Lugo	2008	31	17.6	0.8	17.3	17.9	16.5	19.8
	2009	32	17.7	0.9	17.3	18.0	16.0	19.8
	2010	7	17.6	0.6	17.1	18.2	16.8	18.6
Ourense	2008	20	17.4	0.9	17.0	17.8	16.0	19.0
	2009	25	17.1	1.0	16.7	17.5	15.5	19.4
	2010	7	17.4	0.7	16.7	18.0	16.0	18.2
Pontevedra	2008	11	17.1c	0.6	16.7	17.5	16.0	18.0
	2009	18	17.1c	0.6	16.8	17.4	16.2	18.6
	2010	5	18.8ab	0.7	18.0	19.6	17.8	19.6

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Al estudiar el contenido en agua de las mieles por cosecha y provincia (Tabla 35), se observó que únicamente fueron significativas las diferencias entre cosechas en las muestras de Pontevedra ($p < 0.05$). La producción del año 2010 presentó un contenido medio de humedad (18.8%) significativamente más elevado que la del 2009 (17.1%) y la del 2008 (17.1%). El porcentaje más elevado corresponde a una miel del 2010 y el más bajo a una miel del 2008.

El contenido medio de humedad por cosecha de las mieles de A Coruña fue similar; 18.0% para el 2008, 17.6% para el 2009, y 18.3% para el 2010. El menor porcentaje de humedad fue medido en una miel del 2008, mientras que los demás años coincidieron en el valor máximo de este parámetro.

Lo mismo ha ocurrido con el contenido medio de las mieles de Lugo, con un contenido medio de 17.6% en las mieles del 2008, 17.7% en las mieles del 2009 y 17.6% en las mieles del 2010. El valor de humedad más elevado se ha encontrado en dos mieles del 2008 y 2009, mientras que el más bajo fue en una miel del 2009.

En las mieles de Ourense el contenido medio en humedad fue también muy similar entre las mieles de las diferentes cosechas, 17.4% en las del 2008, 17.1% en las del 2009 y 17.4% en las del 2010. El mayor y menor porcentaje de humedad fue encontrado en mieles del año 2009.

2.2. pH

El pH de las 199 muestras varió entre los valores de 3.3 y 5.2, presentando un valor medio de 4.3, con un límite inferior para la media al 95% de 4.2 y un límite superior de 4.3 (Tabla 36). El valor mínimo fue medido en una miel de A Coruña (3.3) y el valor máximo (5.1) en mieles de Lugo y Ourense (5.2).

Tabla 36. Análisis descriptivo del pH de las mieles de Galicia.

	pH	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	4.0bcd	0.3	4.0	4.1	3.3	4.5
	Lugo	70	4.2ac	0.3	4.1	4.3	3.5	5.1
	Ourense	52	4.6abd	0.3	4.6	4.7	4.0	5.2
	Pontevedra	34	4.2ac	0.3	4.1	4.3	3.7	4.7
Año	2008	84	4.2bc	0.3	4.1	4.3	3.3	5.1
	2009	92	4.4a	0.4	4.3	4.4	3.5	5.2
	2010	23	4.4a	0.4	4.2	4.6	3.7	5.1
	TOTAL	199	4.3	0.4	4.2	4.3	3.3	5.2

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

El rango de pH de las muestras de A Coruña estuvo comprendido entre 3.3 y 4.5, siendo el valor medio de 4.0 (Tabla 36). El pH medio de las muestras de esta provincia fue el más bajo, en comparación con las otras tres, y las diferencias resultaron significativas con las mieles de las demás provincias ($p < 0.05$).

Las mieles de Ourense presentaron un valor medio de pH más elevado (4.6), mostrando diferencias significativas con las mieles de las otras tres provincias ($p < 0.05$). El pH de las mieles recogidas en Ourense varió entre 4.0 y 5.2.

El valor medio de pH fue el mismo para las mieles de Lugo y Pontevedra, de 4.2. El rango varió entre 3.5 y 5.1 en las de Lugo y entre 3.7 y 4.7 en las de Pontevedra. Las muestras de estas dos provincias mostraron diferencias significativas en el valor medio de este parámetro con las mieles de A Coruña y Ourense ($p < 0.05$).

Al observar el pH de las mieles por año de producción (Tabla 36), se observó que las muestras del 2009 y 2010 presentan el mismo valor de pH medio (4.4), significativamente más elevado que las del 2008 ($p < 0.05$).

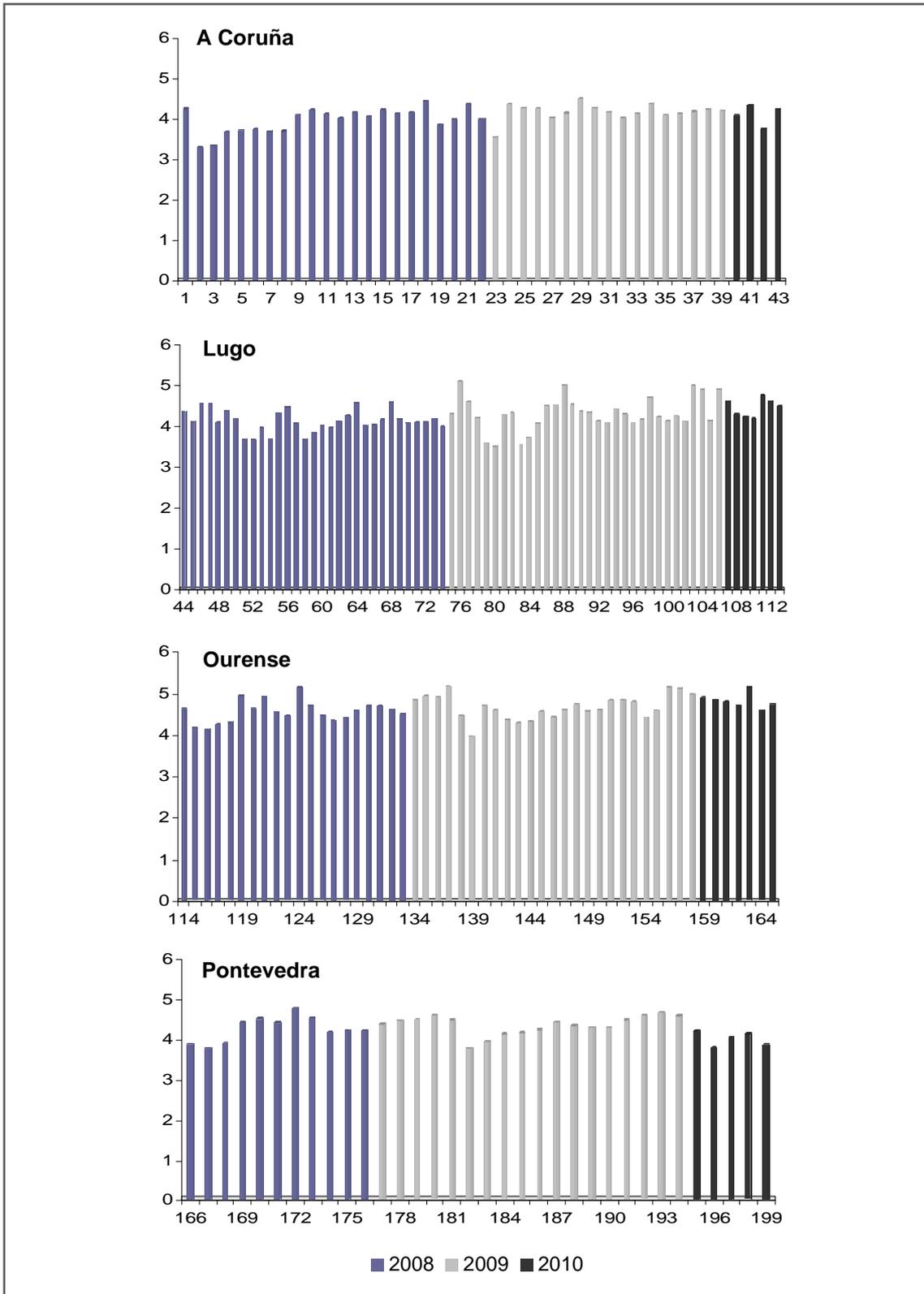


Figura 41. pH de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 37. Análisis descriptivo del pH de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	4.0b	0.3	3.8	4.1	3.3	4.4
	2009	17	4.2a	0.2	4.1	4.3	3.5	4.5
	2010	4	4.1	0.2	3.7	4.5	3.8	4.3
Lugo	2008	31	4.1	0.3	4.0	4.2	3.6	4.6
	2009	32	4.3	0.4	4.1	4.4	3.5	5.1
	2010	7	4.4	0.2	4.2	4.6	4.2	4.7
Ourense	2008	20	4.5	0.3	4.4	4.7	4.1	5.1
	2009	25	4.6	0.3	4.5	4.8	4.0	5.1
	2010	7	4.8	0.2	4.6	5.0	4.6	5.1
Pontevedra	2008	11	4.2	0.3	4.0	4.4	3.7	4.7
	2009	18	4.3c	0.2	4.2	4.4	3.7	4.6
	2010	5	4.0b	0.2	3.8	4.2	3.8	4.2

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

A pesar de existir poca variación en los datos de pH (Figura 41), estadísticamente las mieles A Coruña del 2008 tuvieron valores de pH significativamente inferiores a las mieles del 2009 ($p < 0.05$) (Tabla 37). Los valores medios son de 4.0 para el 2008, 4.2 para el 2009 y 4.1 para el 2010.

Los valores medios de pH fueron similares para las tres cosechas en las mieles de Lugo, con pH medios de 4.1 (2008), 4.3 (2009) y 4.4 (2010). Estadísticamente no se han encontrado diferencias significativas entre estos pH.

En la figura 41 se observa que las mieles de Ourense presentan en general los valores más elevados de pH, en su mayoría superan el valor 4 de pH. Sin embargo, el valor medio fue similar entre las mieles de las diferentes cosechas, 4.5 en las mieles del 2008, 4.6 en las del 2009 y 4.8 en las del 2010.

En cuanto a las mieles de Pontevedra, las recogidas en el año 2009 fueron significativamente diferentes a las recogidas en el año 2010 ($p < 0.05$), con un valor medio de 4.3 y 4.0, respectivamente (Tabla 37).

2.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica tiene una gran variación (Tabla 38 y Figura 42), desde un valor mínimo de 0.22 mS/cm hasta un máximo de 1.26 mS/cm, presentando un promedio de 0.66 mS/cm. El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 0.63 y 0.69 mS/cm.

Tabla 38. Análisis descriptivo de la conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de Galicia.

	Conductividad eléctrica (mS/cm)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	0.54d	0.14	0.49	0.58	0.32	0.88
	Lugo	70	0.61d	0.24	0.55	0.67	0.22	1.21
	Ourense	52	0.84d	0.21	0.78	0.90	0.43	1.26
	Pontevedra	34	0.65abc	0.21	0.58	0.73	0.39	1.09
Año	2008	84	0.66	0.22	0.61	0.71	0.22	1.21
	2009	92	0.65	0.25	0.60	0.70	0.24	1.22
	2010	23	0.72	0.23	0.62	0.82	0.30	1.26
	TOTAL	199	0.66	0.24	0.63	0.69	0.22	1.26

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Teniendo en cuenta el origen geográfico de las mieles, se observó que la conductividad eléctrica media de las mieles de Pontevedra es significativamente diferente a la de las demás provincias ($p < 0.05$), con un valor de 0.65 mS/cm (Tabla 38). El valor medio para las mieles de A Coruña y Lugo fue ligeramente inferior, de 0.54 mS/cm y 0.61 mS/cm, respectivamente; mientras que las mieles de Ourense mostraron la conductividad eléctrica media mayor, con un valor de 0.84 mS/cm.

El análisis realizado a la conductividad eléctrica de las mieles por año de cosecha, no muestra diferencias significativas en el valor medio. Este valor rondó los 0.70 mS/cm cada año.

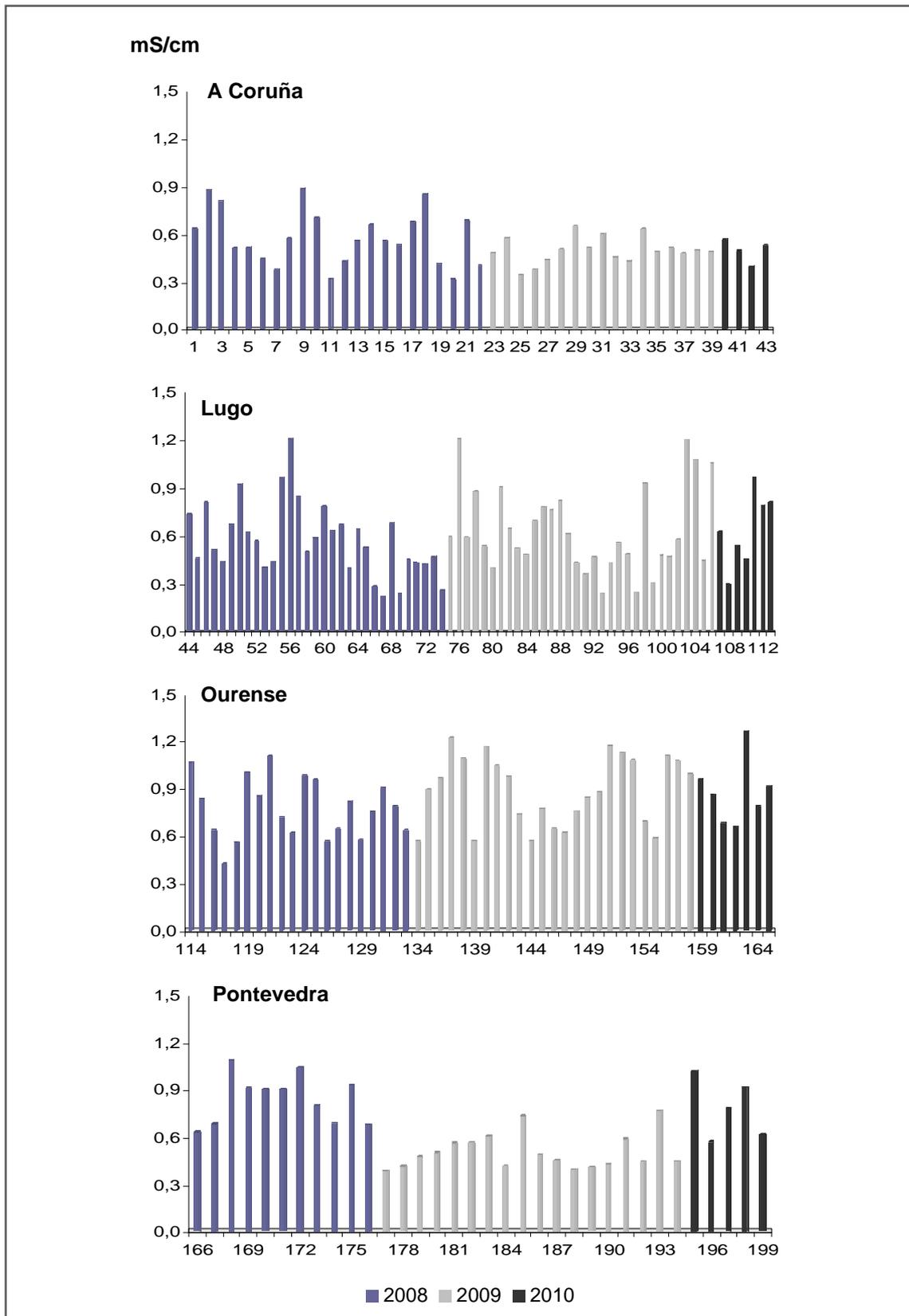


Figura 42. Conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Por otra parte, como se puede ver en la figura 42, las mieles de A Coruña presentaron los valores más bajos de conductividad eléctrica, no superan en ninguna muestra 1 mS/cm. De esta manera, el rango de variación es menor, entre un mínimo de 0.32 mS/cm y un máximo de 0.88 mS/cm (Tabla 38).

La conductividad eléctrica en las mieles de Lugo varió entre 0.22 mS/cm medida en una muestra del 2008, y 1.21 mS/cm en mieles del 2008 y 2009 (Figura 42). Varias muestras superan 1 mS/cm.

Las mieles de la provincia de Ourense siguen un patrón similar a las mieles de Lugo. El rango de los valores es también amplio, desde un mínimo de 0.43 mS/cm medido en una miel del 2008 y un máximo de 1.26 mS/cm en una miel del 2010.

Finalmente, las mieles de Pontevedra variaron entre un valor mínimo de 0.39 mS/cm medido en una miel del 2009 y un valor máximo de 1.09 mS/cm en una miel del 2008, aunque tan solo 3 muestras superaron 1 mS/cm. En este caso, la conductividad media más elevada corresponde a las muestras del 2008 (0.84 mS/cm), que al igual que la conductividad media del 2010 (0.78 mS/cm) muestra diferencias significativas con la obtenida para las muestras del año 2009 ($p < 0.05$).

Tabla 39. Análisis descriptivo de la conductividad eléctrica (mS/cm) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	0.58	0.18	0.50	0.66	0.32	0.88
	2009	17	0.50	0.08	0.45	0.54	0.34	0.65
	2010	4	0.50	0.07	0.38	0.61	0.39	0.57
Lugo	2008	31	0.58	0.23	0.49	0.66	0.22	1.21
	2009	32	0.63	0.26	0.54	0.73	0.24	1.21
	2010	7	0.64	0.23	0.43	0.86	0.30	0.97
Ourense	2008	20	0.77	0.19	0.68	0.86	0.43	1.11
	2009	25	0.89	0.22	0.80	0.98	0.56	1.22
	2010	7	0.88	0.20	0.69	1.06	0.66	1.26
Pontevedra	2008	11	0.84b	0.15	0.74	0.94	0.63	1.09
	2009	18	0.50ac	0.11	0.45	0.56	0.39	0.77
	2010	5	0.78b	0.19	0.54	1.01	0.57	1.02

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En cuanto a la conductividad eléctrica por provincia y por cosecha (Tabla 39), en A Coruña se obtuvieron los valores extremos (máximo y mínimo) en mieles del 2008 (0.88 y 0.32 mS/cm, respectivamente). La conductividad media más elevada se corresponde con las muestras del 2008 (0.58 mS/cm), para las de 2009 y 2010 el valor medio obtenido fue el mismo (0.50 mS/cm), no encontrándose diferencias significativas entre éstas y las del 2008.

Para las mieles de Lugo, la conductividad media más elevada la presentan las mieles del 2010 (0.64 mS/cm), aunque las diferencias con el 2009 (0.63 mS/cm) y el 2008 (0.58 ms/cm) no resultaron significativas.

Analizando las muestras por cosecha de Ourense se ha observado que el valor medio más elevado corresponde a las del 2009 (0.89 mS/cm). Sin embargo, no se han encontrado diferencias significativas con los valores medios de los años 2008 (0.77 mS/cm) y 2010 (0.88 mS/cm).

La conductividad eléctrica media de las mieles de Pontevedra de la cosecha del 2009 (0.50 mS/cm) fue significativamente menor ($p < 0.05$) que la de las muestras del 2008 (0.84 mS/cm) y del 2010 (0.78 mS/cm).

2.4. HIDROXIMETILFURFURAL

El HMF medido en las mieles de Galicia fue bajo, con un valor medio total de 0.34 mg/100g y un intervalo de confianza para la media al 95% comprendido entre 0.29 mg/100g y 0.38 mg/100g (Tabla 40). El valor más elevado fue de 1.67 mg/100g en una miel de Lugo y de la cosecha del 2008.

Tabla 40. Análisis descriptivo del hidroximetilfurfural (mg/100g) de las mieles de Galicia.

	HMF (mg/100g)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	0.38c	0.29	0.29	0.47	0.02	1.56
	Lugo	70	0.37c	0.32	0.30	0.45	0.00	1.67
	Ourense	52	0.17abd	0.20	0.11	0.23	0.00	0.79
	Pontevedra	34	0.47c	0.36	0.35	0.59	0.05	1.27
Año	2008	84	0.43b	0.35	0.35	0.50	0.00	1.67
	2009	92	0.25a	0.27	0.20	0.31	0.00	1.27
	2010	23	0.35	0.23	0.25	0.45	0.03	1.07
	TOTAL	199	0.34	0.31	0.29	0.38	0.00	1.67

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Por provincias (Tabla 40), el contenido medio de HMF más elevado se corresponde a las mieles de Pontevedra (0.47 mg/100g), seguido del obtenido para las muestras de A Coruña (0.38 mg/100g) y Lugo (0.37 mg/100g). Las mieles de Ourense son las que tienen menor contenido de HMF, siendo significativas las diferencias entre estas mieles y las demás provincias ($p < 0.05$). El contenido bajo de HMF en las mieles de Ourense se manifiesta también en el reducido rango en el que se mueven los valores, desde el valor 0.00 en alguna muestra hasta 0.79 mg/100g, el máximo más bajo de las mieles de cada provincia. Esto lo podemos apreciar en la figura 43.

En cuanto al contenido medio de HMF en las mieles de Galicia, por año de producción (Tabla 40), se ha visto que las mieles del 2008 tuvieron el contenido medio más elevado, de 0.43 mg/100g, y fue significativamente mayor que el de las mieles del 2009 ($p < 0.05$), con el valor más bajo, de 0.25 mg/100g. Además en las tres cosechas se encontraron mieles con contenidos por encima de 1 mg/100g.

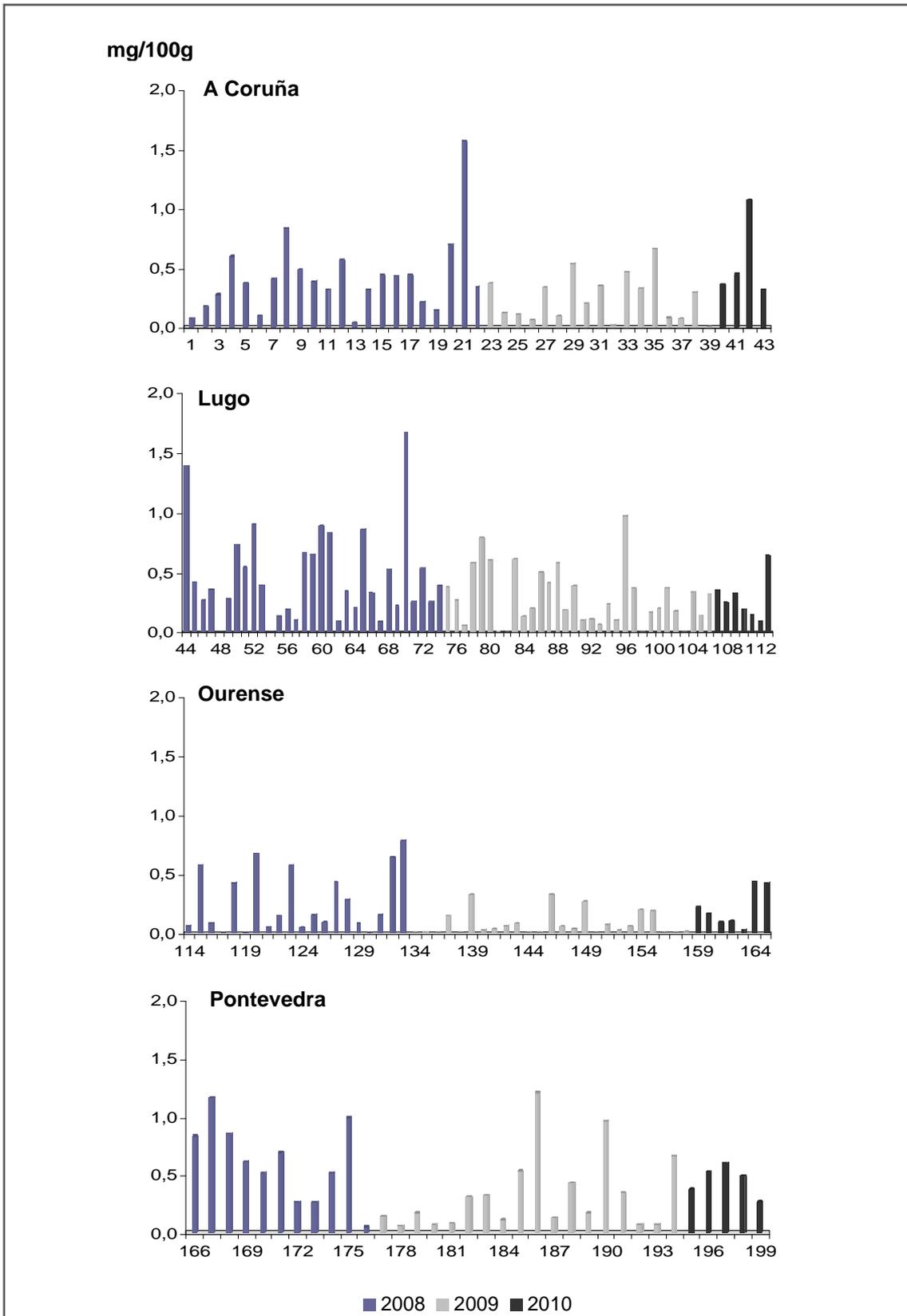


Figura 43. Contenido de hidroximetilfurfural (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 41. Análisis descriptivo del contenido en hidroximeltifurfural (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	0.42	0.32	0.28	0.57	0.04	1.56
	2009	17	0.24	0.19	0.14	0.34	0.01	0.66
	2010	4	0.55	0.35	-0.01	1.11	0.32	1.07
Lugo	2008	31	0.47	0.39	0.33	0.61	0.00	1.67
	2009	32	0.29	0.24	0.21	0.38	0.00	0.97
	2010	7	0.29	0.18	0.12	0.46	0.10	0.64
Ourense	2008	20	0.27b	0.26	0.14	0.39	0.00	0.79
	2009	25	0.08a	0.10	0.04	0.12	0.00	0.33
	2010	7	0.21	0.16	0.06	0.36	0.03	0.44
Pontevedra	2008	11	0.61	0.34	0.39	0.84	0.05	1.16
	2009	18	0.32	0.33	0.16	0.49	0.06	1.21
	2010	5	0.45	0.13	0.29	0.61	0.27	0.60

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Por provincia y por cosecha (Tabla 41), se observó que en las mieles de A Coruña, la concentración media más elevada de HMF la poseen las muestras del 2010 (0.55 mg/100g), aunque no se encontraron diferencias significativas con las del 2008 (0.42 mg/100g) y del 2009 (0.24 mg/100g). El valor máximo de HMF en estas mieles fue detectado en una muestra de miel recogida en el 2008, con un valor de 1.56 mg/100g y el valor mínimo fue de 0.01 mg/100g, que se cuantificó en una muestra recogida en el 2009.

Tampoco se ha visto diferencias significativas por cosecha entre las mieles de Lugo, con un contenido medio en HMF por debajo de 0.5 mg/100g. La concentración media más elevada se observó en las muestras del 2008 (0.47 mg/100g) y el valor máximo de todas las muestras estudiadas se ha alcanzado en una muestra de esta provincia y de la cosecha del 2009.

Con respecto a las muestras recogidas en Ourense, como ya se ha comentado, presentan el contenido en HMF más bajo. Estudiando las mieles por año de recogida, las del 2008 mostraron concentraciones de HMF significativamente más elevada que las del 2009 ($p < 0.05$), con valores medios de 0.27 y 0.08 mg/100g, respectivamente.

Para las mieles de Pontevedra este compuesto alcanzó el valor medio más alto (0.61 mg/100g) en las mieles del 2008. Sin embargo, estadísticamente no se

encontraron diferencias significativas entre este valor y los correspondientes al 2009 y 2010.

2.5. CONTENIDO ENZIMÁTICO

El contenido enzimático de las mieles gallegas se ha estudiado determinando el contenido en diastasas e invertasa, y los resultados obtenidos se exponen a continuación.

2.5.1. DIASTASA

El contenido medio obtenido en diastasas ha sido de 17.1 ID, con un intervalo de confianza para la media al 95% entre 16.3 y 18.0 ID (Tabla 42). El valor mínimo y máximo de esta enzima fueron 6.1 y 34.4 ID, medidos en una miel de A Coruña y en otra miel de Pontevedra, respectivamente.

Tabla 42. Análisis descriptivo de la diastasa (ID) de las mieles de Galicia.

	Diastasa (ID)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	13.6cd	4.4	12.2	15.0	6.1	26.6
	Lugo	70	15.6cd	6.5	14.0	17.1	7.1	32.3
	Ourense	52	21.1ab	4.9	19.8	22.5	10.5	32.7
	Pontevedra	34	18.7ab	6.4	16.5	20.9	10.2	34.4
Año	2008	84	17.1	5.9	15.8	18.4	7.5	30.9
	2009	92	17.0	6.7	15.6	18.4	6.1	32.7
	2010	23	17.9	6.7	15.1	20.8	9.2	34.4
	TOTAL	199	17.1	6.3	16.3	18.0	6.1	34.4

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Los valores más elevados de diastasas fueron encontrados en las mieles de Ourense, en su mayoría superaron los 18.0 ID (Figura 44) y el contenido medio total fue de 21.1 ID (Tabla 42). Le sigue en contenido medio las mieles de Pontevedra, con un valor en esta enzima de 18.7 ID.

Estadísticamente se ha visto que las mieles de Ourense y Pontevedra mostraron un contenido diastásico significativamente más elevado que las de A Coruña y Lugo ($p < 0.05$), las cuales presentaron los valores medios más bajos, de 13.6 y 15.6 ID, respectivamente. El rango de variación más amplio en el contenido de esta enzima fue aportado por las mieles de Lugo (Figura 44), con un intervalo entre 7.1 ID y 32.3 ID.

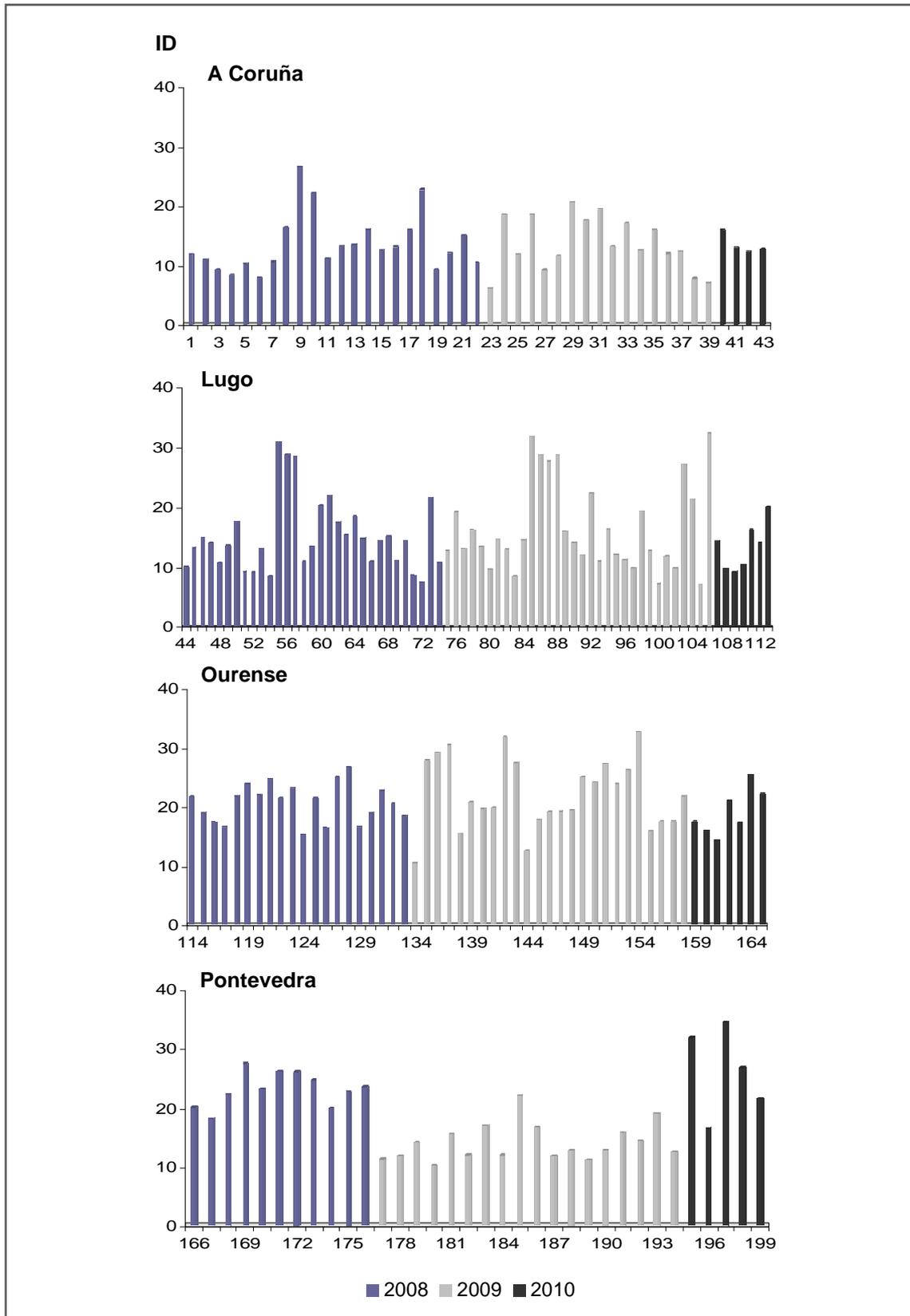


Figura 44. Contenido en diastases (ID) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

El valor más elevado para las diastasas se encontró en las muestras del 2010, aunque las diferencias entre los tres años no resultaron significativas. Sin embargo, cabe mencionar el valor mínimo cuantificado, de 6.1 ID de una miel del 2009, y el valor máximo de 34.4 ID en una miel del 2010 (Tabla 43).

Tabla 43. Análisis descriptivo del contenido en diastasas (ID) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	13.6	4.8	11.5	15.8	7.9	26.6
	2009	17	13.6	4.5	11.3	15.9	6.1	20.6
	2010	4	13.5	1.6	10.9	16.1	12.4	16.0
Lugo	2008	31	15.1	6.1	12.9	17.4	7.5	30.9
	2009	32	16.4	7.3	13.8	19.1	7.1	32.3
	2010	7	13.4	3.9	9.8	17.1	9.2	20.1
Ourense	2008	20	20.7	3.2	19.2	22.2	15.3	26.7
	2009	25	22.1	6.0	19.7	24.6	10.5	32.7
	2010	7	19.1	3.9	15.5	22.7	14.3	25.4
Pontevedra	2008	11	23.0b	2.9	21.1	25.0	18.1	27.3
	2009	18	14.0ac	3.1	12.5	15.5	10.2	22.0
	2010	5	26.2b	7.3	17.0	35.3	16.5	34.5

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Al estudiar el contenido de esta enzima por provincia y año de producción (Tabla 43) se comprobó que en las mieles de A Coruña fue muy similar, con valores medios de 13.6 ID para 2008 y 2009 y 13.5 ID para 2010. El valor mínimo corresponde a una miel de la cosecha del 2009 (6.1 ID) y es el más bajo en las mieles analizadas.

Las mieles de Lugo del 2009 son las que presentaron mayor contenido de diastasas (16.4 ID) aunque las diferencias con los otros dos años no fueron significativas. La mayor variabilidad, se produce en las mieles de esta provincia (Figura 44), pero esta variación es similar en los tres años de muestreo.

El contenido en diastasas más elevado en las mieles de Ourense corresponde a las del 2009 (22.1 ID), aunque como en los casos anteriores el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los valores obtenidos para los tres años de producción. El valor mínimo (10.5 ID) y el máximo (32.7 ID) se encontró en dos mieles del 2009.

Las mieles de Pontevedra del 2009 fueron significativamente diferentes a las mieles de los otros dos años ($p < 0.05$), con un contenido medio inferior de 14.0 ID, frente a 23.0 ID en las del 2008 y 26.2 ID en las del 2010. El rango de variación para estas mieles se encuentra entre 10.2 ID y 34.5 ID.

2.5.2. INVERTASA

El contenido medio de invertasa en las 199 muestras estudiadas ha sido de 17.9 IN, con un límite inferior de 17.1 IN y un límite superior de 18.7 IN para la media al 95% (Tabla 44). El rango varió entre valores de 4.3 IN cuantificado en una miel de Ourense y 35.9 IN en una miel de Lugo.

Tabla 44. Análisis descriptivo de la invertasa (IN) de las mieles de Galicia.

	Invertasa (IN)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	14.4cd	4.5	13.0	15.8	6.2	22.2
	Lugo	70	16.8c	6.2	15.4	18.3	6.8	35.9
	Ourense	52	21.6ab	4.5	20.3	22.9	4.3	31.9
	Pontevedra	34	18.8a	4.2	17.4	20.3	11.8	28.3
Año	2008	84	16.4b	5.8	15.1	17.6	4.3	27.2
	2009	92	19.0a	5.6	17.9	20.2	7.6	35.9
	2010	23	18.9	4.5	17.0	20.9	10.1	28.3
	TOTAL	199	17.9	5.7	17.1	18.7	4.3	35.9

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Estudiando el contenido medio de esta enzima en las mieles según su procedencia geográfica, las mieles de A Coruña son las que presentan el valor más bajo (14.4 IN), seguidas de las de Lugo (16.8 IN) y Pontevedra (18.8 IN). El contenido en invertasa de las mieles de Ourense es el más elevado, siendo este valor significativamente mayor que el reportado para las muestras de A Coruña y Lugo ($p < 0.05$). El análisis de varianza también evidencia diferencias significativas para el contenido en diastasas entre las mieles de Pontevedra y A Coruña.

El contenido en invertasa es notablemente variable en las mieles estudiadas (Figura 45). Las mieles de Ourense y Lugo del año 2009 tuvieron los valores más elevados, superando en un gran número de muestras 20 IN.

El contenido medio de esta enzima en las mieles del 2009 es superior (19.0 IN) al de los otros dos años, aunque el análisis de varianza solo evidenció diferencias significativas entre los valores del 2008 y 2009 ($p < 0.05$).

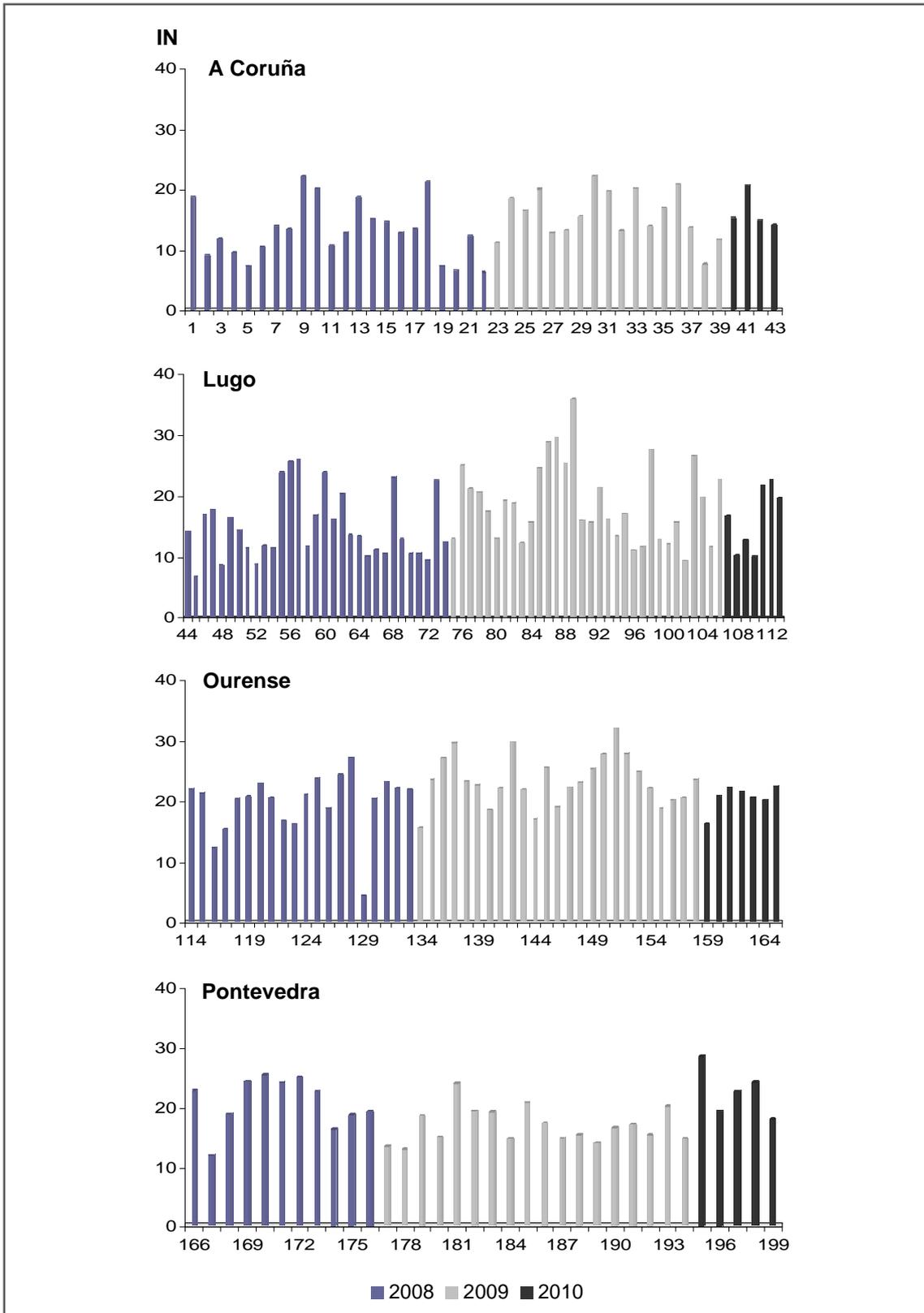


Figura 45. Contenido en invertasa (IN) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 45. Análisis descriptivo del contenido en invertasa (IN) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	13.1	4.7	11.0	15.2	6.2	22.1
	2009	17	15.7	4.1	13.6	17.8	7.6	22.2
	2010	4	16.2	3.0	11.5	21.0	14.1	20.6
Lugo	2008	31	14.9b	5.5	12.9	17.0	6.8	26.1
	2009	32	18.8a	6.5	16.4	21.1	9.3	35.9
	2010	7	16.3	5.3	11.4	21.2	10.1	22.7
Ourense	2008	20	19.8b	5.0	17.4	22.1	4.3	27.2
	2009	25	23.3a	4.1	21.6	25.0	15.5	31.9
	2010	7	20.6	2.1	18.7	22.5	16.3	22.4
Pontevedra	2008	11	20.7b	4.2	17.9	23.5	11.8	25.3
	2009	18	16.7ac	2.9	15.3	18.2	12.8	23.8
	2010	5	22.4b	4.1	17.2	27.6	17.9	28.3

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En cuanto al contenido de invertasa por provincias y por año (Tabla 45), se comprobó que en las mieles de A Coruña el valor medio más elevado se obtuvo para las muestras del 2009 (16.2 IN), aunque las diferencias con los otros dos años no resultaron significativas. El rango estuvo comprendido entre 6.2 IN (muestra del 2008) y 22.2 IN (muestra del 2009).

Para las mieles de Lugo el contenido de invertasa alcanza un máximo de 35.9 IN (en 2009), y un mínimo de 6.8 IN (2008). Las mieles del 2008 tuvieron el contenido medio más bajo, con un valor de 14.9 IN, y mostraron diferencias significativas con las mieles del 2009 ($p < 0.05$) que presentaron el valor más elevado, 18.8 IN.

Algo similar sucede con las mieles de Ourense, donde el contenido medio de las mieles del 2008 fueron significativamente inferiores ($p < 0.05$) a las del 2009 (23.3 IN). El rango de valores está comprendido entre un mínimo de 4.3 IN (2008) y un máximo de 31.9 IN (en el 2009).

En el caso de las mieles de Pontevedra el valor mínimo ha sido de 11.8 IN (en miel del 2008) y el máximo de 28.3 IN (en miel del 2010), con un rango menor que en las otras provincias. Sin embargo, a pesar de esto, las mieles del 2009 fueron significativamente diferentes a las mieles de los otros dos años ($p < 0.05$). El contenido medio en las del 2009 fue inferior, de 16.7 IN, frente a valores medios por encima de 20 IN en las mieles del 2008 y 2010.

2.6. COLOR

Las mieles de Galicia presentan colores que varían desde el ámbar claro a los tonos más oscuros, casi negro. En mm Pfund esta medida del color estuvo comprendido entre 39 y 150 (Tabla 46). El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 97 y 105 mm.

Tabla 46. Análisis descriptivo del color (mm Pfund) de las mieles de Galicia.

Color (mm Pfund)		N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	83bc	23	76	90	42	150
	Lugo	70	102ac	31	95	109	39	150
	Ourense	52	123abd	25	116	130	68	150
	Pontevedra	34	88c	22	80	95	53	150
Año	2008	84	100	29	93	106	39	150
	2009	92	101	32	94	107	43	150
	2010	23	108	25	97	118	67	150
TOTAL		199	101	30	97	105	39	150

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

El valor medio del color (101 mm) aunque es poco representativo situaría a las mieles gallegas en el sector de las mieles oscuras.

Se han encontrado importantes variaciones en el color de las muestras de las cuatro provincias (Figura 46 y Tabla 46). En las mieles de A Coruña el rango está comprendido entre 42 mm y 150 mm, en las de Lugo entre 39 mm y 150 mm, en las de Ourense entre 68 mm y 150 mm y en las de Pontevedra entre 53 mm y el valor máximo de medida (150 mm).

Analizando los valores medios del color de las muestras en función de la procedencia geográfica se observa que las mieles de A Coruña son generalmente más claras que las demás (83 mm), las más oscuras son las de la provincia de Ourense (123 mm). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las muestras de Ourense y las demás ($p < 0.05$), también entre las de A Coruña y Lugo ($p < 0.05$).

En cuanto al color por año de cosecha (Tabla 46), se deduce que el valor medio de las mieles analizadas apenas varía de unos años a otros, aunque resultaron más oscuras las del 2010 (108 mm). Las del 2008 y 2009 presentaron valores muy similares.

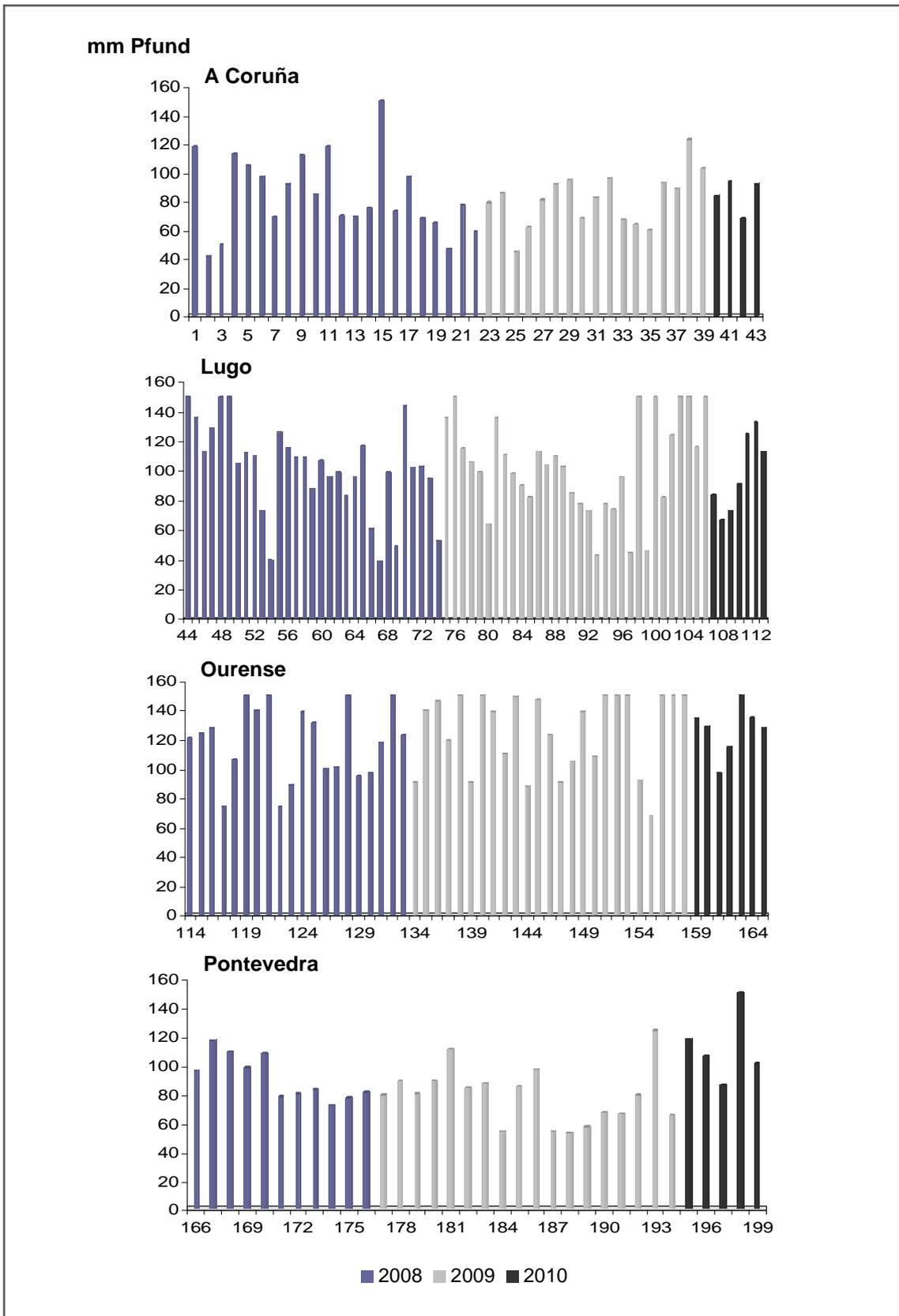


Figura 46. Color (mm Pfund) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 47. Análisis descriptivo del color (mm Pfund) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	84	27	72	96	42	150
	2009	17	82	19	72	91	45	123
	2010	4	85	12	66	103	68	94
Lugo	2008	31	102	31	91	113	39	150
	2009	32	103	32	92	115	43	150
	2010	7	98	26	74	122	67	133
Ourense	2008	20	118	25	106	130	74	150
	2009	25	126	27	115	137	68	150
	2010	7	127	17	111	142	97	150
Pontevedra	2008	11	91	15	80	101	72	117
	2009	18	79 ^c	20	69	89	53	124
	2010	5	112 ^b	24	82	142	86	150

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Si analizamos el color de las mieles por año de cosecha dentro de las misma provincia (Tabla 47), se ha visto que tan solo las mieles de Pontevedra muestran diferencias significativas entre las del 2009 y 2010 ($p < 0.05$), por presentar valores medios de 79 y 112 mm, respectivamente.

En el resto de provincias, las mieles presentaron, para los tres años de cosecha valores muy similares para el color, de ahí que no se encontraron diferencias significativas. Los rangos de variación fueron similares, aunque en Ourense y Lugo hay más muestras con un valor en la escala Pfund por encima de 100 mm.

3. ANÁLISIS NUTRICIONAL

3.1. AZÚCARES

Se han identificado seis azúcares en las mieles analizadas: fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, trehalosa y melecitosa. Constituyen el nutriente principal en la miel, y su contenido medio total ha sido de 68.8%, con un rango comprendido entre 51.3 y 81.8% (Tabla 48). El límite inferior y superior para la media según el intervalo de confianza al 95% ha estado entre valores de 65.0% y 66.5%.

Tabla 48. Análisis descriptivo del contenido en azúcares totales (%) de las mieles de Galicia.

Azúcares (%)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
				Límite inferior	Límite superior		
Azúcares mayoritarios	199	65.8	5.2	65.0	66.5	49.8	76.3
Azúcares minoritarios	199	3.1	2.0	2.8	3.4	0.7	11.6
TOTAL	199	68.8	6.2	68.0	69.7	51.3	81.8

Azúcares mayoritarios: fructosa + glucosa.
Azúcares minoritarios: sacarosa + maltosa + trehalosa + melecitosa.

Los azúcares fructosa y glucosa, son los mayoritarios de la miel, siempre superan el 50% de los azúcares de este alimento en estado puro. En el caso de las mieles estudiadas la concentración media ha sido de 65.8%, con un valor mínimo de 49.8% y un máximo de 76.3% (Tabla 48).

El resto de los azúcares, maltosa, sacarosa, trehalosa y melecitosa, considerados azúcares minoritarios, presentan un contenido medio de 3.1%, con un máximo de 11.6% y un mínimo de 0.7% (Tabla 48). La sacarosa, la trehalosa y la melecitosa no fueron detectadas en varias muestras.

3.1.1. AZÚCARES MAYORITARIOS: FRUCTOSA Y GLUCOSA

El azúcar predominante en las mieles estudiadas fue la fructosa, con un contenido medio de 38.3% (Tabla 49). Este azúcar varió entre un mínimo de 25.5% cuantificado en una miel de Ourense del 2008 y un máximo de 46.9% cuantificado en una miel de Lugo del 2010.

El contenido en glucosa también tuvo variaciones importantes, como se puede observar gráficamente en la figura 47, con un valor medio inferior al de la fructosa, de 27.4%. El valor mínimo fue de 19.5% y el máximo de 37.7%, cuantificados en mieles de Lugo (Tabla 49).

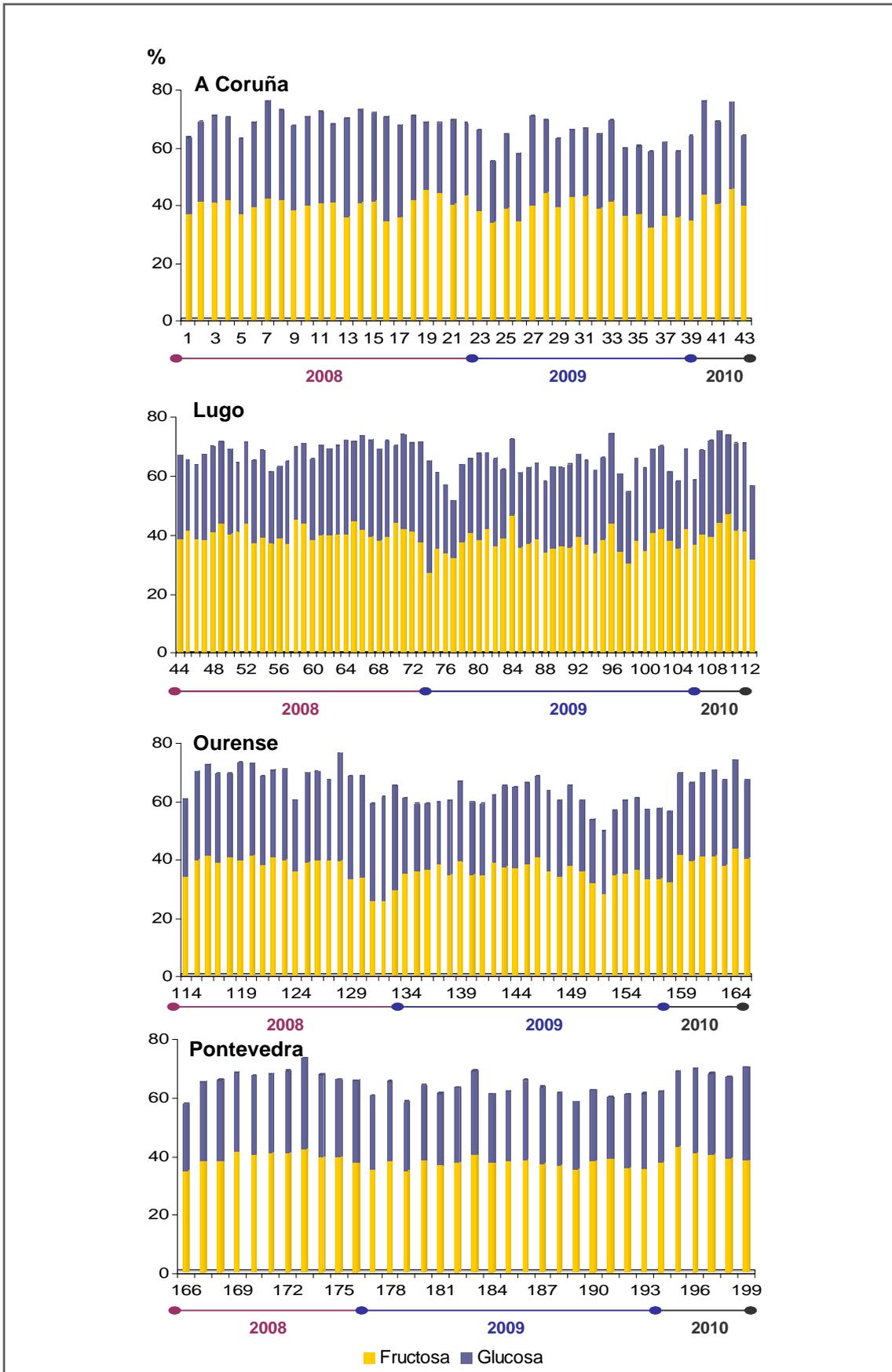


Figura 47. Contenido en fructosa y glucosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra.

Tabla 49. Análisis descriptivo del contenido en azúcares mayoritarios (%) de las mieles de Galicia.

Azúcares mayoritarios (%)		N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.		
					Límite inferior	Límite superior				
Fructosa	Provincia	A Coruña	43	39.5c	3.3	38.5	40.5	32.2	45.4	
		Lugo	70	38.8c	3.7	37.9	39.7	27.1	46.9	
		Ourense	52	36.7ab	4.0	35.6	37.8	25.5	43.7	
		Pontevedra	34	38.4	2.1	37.6	39.1	34.8	43.0	
	Año	2008	84	39.1b	3.8	38.3	39.9	25.5	45.3	
		2009	92	37.0ac	3.1	36.4	37.6	27.8	46.5	
		2010	23	40.9b	3.0	39.6	42.2	31.6	46.9	
	TOTAL		199	38.3	3.6	37.8	38.9	25.5	46.9	
	Glucosa	Provincia	A Coruña	43	27.6	3.6	26.5	28.7	21.0	35.9
			Lugo	70	27.6	3.1	26.8	28.3	19.5	37.7
Ourense			52	27.9	4.0	26.8	29.0	21.3	36.8	
Pontevedra			34	26.2	2.3	25.4	27.0	21.1	31.8	
Año		2008	84	29.4b	3.3	28.6	30.1	22.8	37.7	
		2009	92	25.3ac	2.3	24.9	25.8	19.5	30.7	
		2010	23	28.6b	2.2	27.7	29.6	24.0	32.5	
TOTAL		199	27.4	3.4	26.9	27.9	19.5	37.7		

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Analizando los datos obtenidos para estos dos azúcares por provincia (Tabla 49) se observa que las mieles de A Coruña son las que presentan mayor concentración media de fructosa (39.5%), seguidas de las de Lugo (38.8%) y Pontevedra (38.4%). Mientras que las muestras con menos fructosa son las recogidas en Ourense (36.7%). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre estas mieles de Ourense y las de A Coruña y Lugo ($p < 0.05$). Los intervalos de confianza para la media al 95% para el contenido medio de fructosa presentan una amplitud similar en las cuatro provincias. El valor más bajo se corresponde a una miel de Ourense y el más elevado a una de Lugo.

En cuanto al contenido de glucosa de las mieles según su procedencia geográfica (Tabla 49), se observó que los valores medios obtenidos para las muestras de A Coruña (27.6%), Lugo (27.6%) y Ourense (27.9%) son muy similares. Las mieles de Pontevedra presentaron un porcentaje inferior (26.2%), pero las diferencias no resultaron significativas.

El estudio del contenido medio de la fructosa de las mieles analizadas según el año de cosecha (Tabla 49) mostró que las mieles del 2010 presentan una concentración media (40.9%) mayor que la del 2008 (39.1%) y del 2009 (37.0%), aunque el análisis de varianza solo evidenció diferencias significativas entre el contenido de fructosa de las muestras del 2009 con las del 2008 y 2010 ($p < 0.05$). El contenido más bajo de fructosa (25.5%) se encontró en una muestra del 2008 y el más alto (46.9%) en otra del 2010. Por otra parte, la amplitud del intervalo de confianza al 95% para el contenido medio de fructosa es similar para el 2008 y 2009, y ligeramente mayor para el 2010.

En cuanto al contenido en glucosa (Tabla 49) se observó que las mieles del 2008 presentan una concentración media (29.4%) de este monosacárido significativamente más elevada ($p < 0.05$) que las del 2009 (25.3%) y las del 2010 (28.6%). También en este caso, la amplitud del intervalo de confianza al 95% es similar para los tres años, y la concentración más baja de glucosa se detectó en una muestra del 2009 (19.5%) y la más alta en otra del 2008 (37.7%).

Analizando los datos de concentración de estos azúcares por cosecha en la misma provincia (Tabla 50), el contenido medio de fructosa de las mieles del 2009 en todas las provincias sigue siendo el más bajo, mientras que en las mieles del 2010 tuvieron los valores más elevados (por encima de 40%). Además el análisis de varianza mostró que la concentración de este monosacárido en las mieles de A Coruña, Ourense y Pontevedra del 2009, fueron significativamente diferentes a las del 2010 ($p < 0.05$). Sin embargo, las mieles de Lugo del 2009 mostraron diferencias significativas en el contenido medio de fructosa tan solo con las del 2008 ($p < 0.05$). Además destacan las diferencias significativas en el contenido de este azúcar entre las mieles del 2008 y 2010 de la provincia de Ourense ($p < 0.05$).

También el contenido medio de glucosa presentó diferencias significativas entre muestras de los distintos años de cosecha para cada provincia (Tabla 50). En este caso las mieles del 2009 mostraron un contenido de glucosa significativamente más bajo al de las muestras del 2008 en las cuatro provincias y al de las mieles del 2010 en Lugo, Ourense y Pontevedra ($p < 0.05$).

Tabla 50. Análisis descriptivo del contenido en fructosa y glucosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
Fructosa	A Coruña	2008	22	40.1	2.8	38.9	41.4	34.5	45.3
		2009	17	38.1c	3.5	36.3	39.9	32.2	44.2
		2010	4	42.4b	2.7	38.0	46.7	39.8	45.4
	Lugo	2008	31	39.9b	3.3	38.7	41.1	27.1	45.2
		2009	32	37.4a	3.5	36.2	38.7	30.2	46.5
		2010	7	40.6	4.8	36.2	45.0	31.6	46.9
	Ourense	2008	20	36.7c	5.0	34.4	39.0	25.5	41.2
		2009	25	35.6c	2.7	34.4	36.7	27.8	40.6
		2010	7	40.8ab	1.8	39.1	42.4	38.0	43.7
	Pontevedra	2008	11	39.3b	2.2	37.9	40.8	34.8	42.4
		2009	18	37.2ac	1.4	36.5	37.9	35.0	40.1
		2010	5	40.3b	1.8	38.1	42.6	38.4	43.0
Glucosa	A Coruña	2008	22	29.4b	3.2	27.9	30.8	23.2	35.9
		2009	17	25.0a	2.6	23.7	26.4	21.0	30.7
		2010	4	28.6	3.4	23.2	33.9	24.0	32.0
	Lugo	2008	31	28.7b	3.25	27.5	29.9	23.4	37.7
		2009	32	26.1ac	2.42	25.2	27.0	19.5	30.3
		2010	7	29.0b	2.60	26.6	31.4	24.9	32.5
	Ourense	2008	20	31.5bc	3.3	30.0	33.0	24.4	36.8
		2009	25	24.9ac	2.1	24.0	25.7	21.3	27.9
		2010	7	28.4ab	1.3	27.3	29.6	26.9	30.3
	Pontevedra	2008	11	27.2b	1.9	26.0	28.5	22.8	30.8
		2009	18	24.9ac	1.7	24.0	25.8	21.1	28.7
		2010	5	28.3b	2.2	25.6	31.1	25.7	31.8

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

3.1.2. AZÚCARES MINORITARIOS: MALTOSA, SACAROSA, TREHALOSA Y MELECITOSA

De los azúcares identificados, la maltosa es el tercero más abundante, y está presente en todas las muestras estudiadas (Figura 48), con un contenido medio de 2.4% (Tabla 51). El rango de los valores de este azúcar osciló entre un mínimo de 0.7% y un máximo de 7.0%. La sacarosa pudo detectarse en el 48% de las muestras, con un contenido medio de 0.4%, el valor máximo fue de 4.6% en una miel de Ourense. La trehalosa fue identificada en el 41% de las muestras, con una concentración media de 0.19%, y un valor máximo de 0.77% en una miel de la provincia de A Coruña. Mientras que el contenido medio de la

melecitosa fue tan solo de 0.7%, y se ha detectado en el 30% de las muestras gallegas estudiadas. El valor máximo de este azúcar fue cuantificado en una muestra de Ourense, y fue de 0.65%.

En cuanto al contenido de azúcares minoritarios por provincia (Tabla 51) se observó que el contenido de maltosa de las mieles de A Coruña (2.8%) fue el más elevado, con valores entre el 2.3% y el 2.4%, aunque estas diferencias no resultaron significativas. Destaca una muestra de esta provincia y de la cosecha 2008 en la que se cuantificó un 7% de este disacárido.

La sacarosa fue cuantificada en el 46% de las muestras de A Coruña, en el 57% de las de Lugo, en el 50% de las de Ourense y en el 21% de las de Pontevedra. En todos los casos la concentración media de este azúcar fue inferior al 5%, límite superior permitido por la Norma de calidad relativa a la miel. Las mieles de Ourense contienen una media de 0.5% de sacarosa, las de Lugo y A Coruña 0.4%, y el valor más bajo se encontró en las de Pontevedra con un 0.1%. El valor máximo cuantificado de este azúcar corresponde a una miel de Ourense (4.6%). Sin embargo, las diferencias tampoco resultaron significativas entre provincias.

La trehalosa se ha cuantificado en el 43% de las mieles de A Coruña y Lugo, en el 40% de las de Ourense y en el 32% de las de Pontevedra. La concentración media más elevada la presentaron las mieles de A Coruña (0.23%), entre las que se encontró el contenido máximo de este azúcar (0.77%). Para el resto de provincias el contenido medio observado fue inferior al 0.20% (0.18% para las muestras de Lugo y 0.19% para las de Ourense y Pontevedra). Tampoco en este caso las diferencias fueron significativas estadísticamente.

Por otra parte la melecitosa, se encontró tan solo en el 21% de las mieles de A Coruña, en el 24% de las de Lugo y en el 26% de las de Pontevedra. Sin embargo, este trisacárido estuvo presente casi en la mitad de las mieles de Ourense (48%), en las que alcanzó el valor medio más elevado (0.16%), frente a valores inferiores al 0.1% en el resto de provincias, aunque una vez más las diferencias no fueron significativas.

En cuanto a las diferencias entre el contenido de azúcares minoritarios según los años de cosecha, el análisis de varianza evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 51). Así las concentraciones medias de maltosa, trehalosa y melecitosa del 2008 fueron significativamente más elevadas que las correspondientes a las del 2009 y 2010 ($p < 0.05$). Para la sacarosa se encontró un contenido medio significativamente más elevado en el 2010 con respecto a los otros dos años.

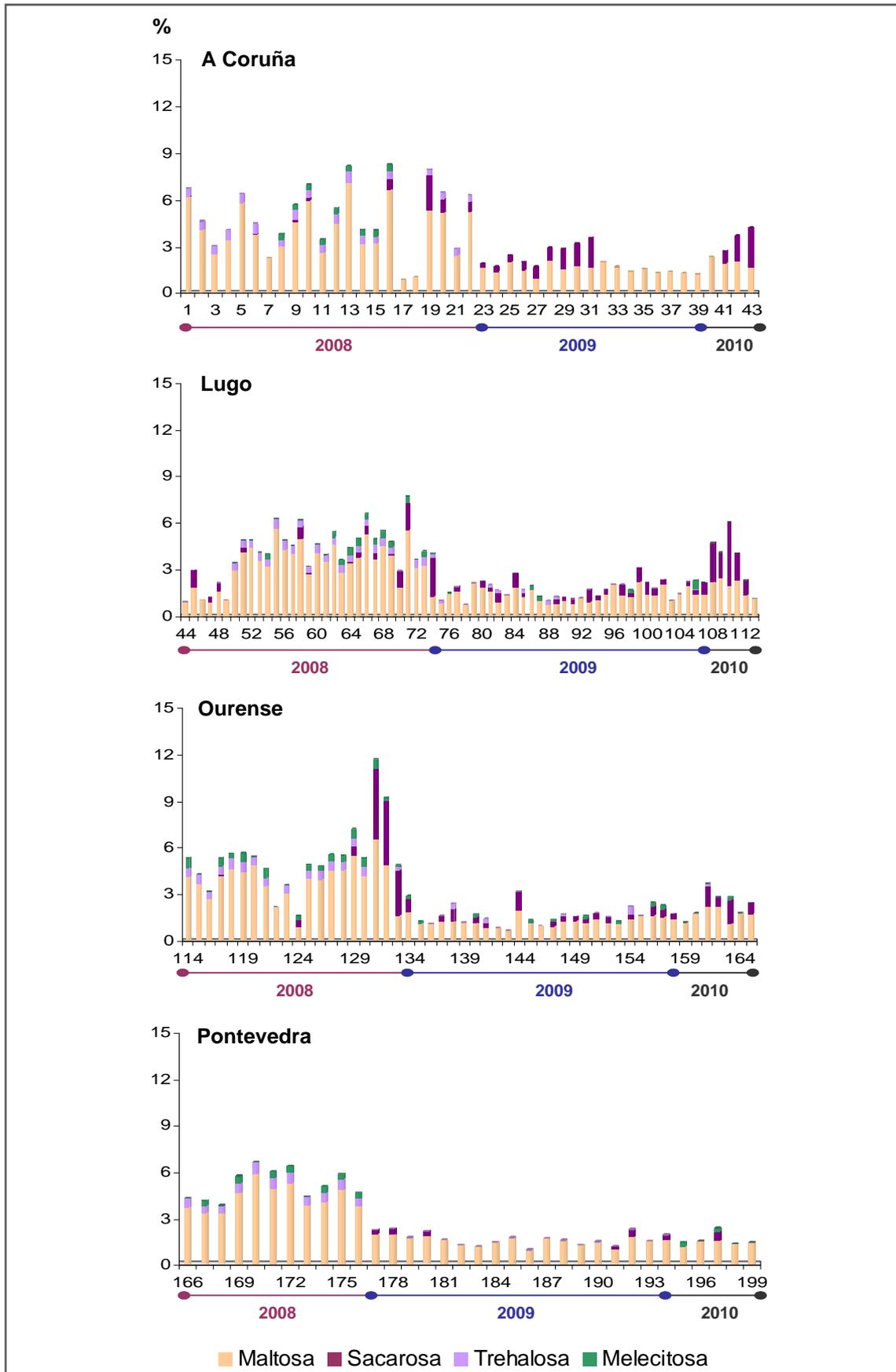


Figura 48. Contenido en maltosa, sacarosa, trehalosa y melecitosa (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 51. Análisis descriptivo del contenido en azúcares minoritarios (%) de las mieles de Galicia.

Azúcares minoritarios (%)		N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.		
					Límite inferior	Límite superior				
Maltosa	Provincia	A Coruña	43	2.8	1.8	2.3	3.4	0.8	7.0	
		Lugo	70	2.3	1.3	1.9	2.6	0.7	5.6	
		Ourense	52	2.3	1.5	1.9	2.7	0.7	6.5	
		Pontevedra	34	2.4	1.4	1.9	2.9	0.9	5.9	
	Año	2008	84	3.7bc	1.4	3.4	4.1	0.8	7.0	
		2009	92	1.4a	0.4	1.3	1.5	0.7	2.2	
		2010	23	1.7a	0.4	1.5	1.9	1.1	2.5	
	TOTAL		199	2.4	1.5	2.2	2.6	0.7	7.0	
	Sacarosa	Provincia	A Coruña	43	0.4	0.7	0.2	0.6	Nd	2.6
			Lugo	70	0.4	0.7	0.3	0.6	Nd	4.1
Ourense			52	0.5	0.9	0.2	0.7	Nd	4.6	
Pontevedra			34	0.1	0.2	0.0	0.1	Nd	0.6	
Año		2008	84	0.3c	0.8	0.1	0.5	Nd	4.6	
		2009	92	0.3c	0.4	0.2	0.4	Nd	2.0	
		2010	23	0.9ab	1.1	0.5	1.4	Nd	4.1	
TOTAL		199	0.4	0.7	0.7	0.5	Nd	4.6		
Trehalosa		Provincia	A Coruña	43	0.23	0.27	0.15	0.32	Nd	0.77
			Lugo	70	0.18	0.23	0.12	0.23	Nd	0.63
	Ourense		52	0.19	0.25	0.12	0.26	Nd	0.65	
	Pontevedra		34	0.19	0.29	0.09	0.29	Nd	0.71	
	Año	2008	84	0.43bc	0.22	0.38	0.48	Nd	0.77	
		2009	92	0.03a	0.08	0.01	0.04	Nd	0.52	
		2010	23	0.01a	0.04	0.01	0.03	Nd	0.22	
	TOTAL		199	0.19	0.25	0.16	0.23	Nd	0.77	
	Melecitosa	Provincia	A Coruña	43	0.07	0.15	0.03	0.12	Nd	0.43
			Lugo	70	0.08	0.16	0.04	0.12	Nd	0.55
Ourense			52	0.16	0.21	0.10	0.21	Nd	0.65	
Pontevedra			34	0.09	0.16	0.03	0.15	Nd	0.43	
Año		2008	84	0.20bc	0.21	0.15	0.24	Nd	0.65	
		2009	92	0.03a	0.09	0.01	0.05	Nd	0.55	
		2010	23	0.03a	0.07	0.00	0.06	Nd	0.22	
TOTAL		199	0.10	0.17	0.08	0.13	Nd	0.65		

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010. Nd: no detectado.

Al estudiar el contenido en azúcares minoritarios por provincia y por año de cosecha (Tabla 52), se observó que en todas las provincias la concentración media más elevada de maltosa se obtuvo en las muestras del 2008, evidenciándose diferencias significativas en todos los casos con las del 2009 y 2010 ($p < 0.05$). Sin embargo, al comparar los datos obtenidos para el 2009 y el 2010 se observó que en A Coruña, Lugo y Ourense, este disacárido estaba presente en mayor concentración en las mieles del 2010, y en cambio, en las muestras de Pontevedra, fueron las del 2009 las que presentaron mayor porcentaje. En estos casos las diferencias encontradas no resultaron significativas.

En cuanto a la sacarosa, los valores medios cuantificados en las tres cosechas de las mieles de Ourense no mostraron diferencias significativas (Tabla 52). En las mieles producidas en el año 2008 en Pontevedra, no se ha cuantificado este azúcar. Sin embargo, en las mieles de las otras dos provincias, se ha visto variación entre las mieles de diferente año. Así, el contenido medio de sacarosa en las mieles del 2010 de A Coruña fue significativamente diferente y superior (1.2%) al contenido de las mieles del 2008 (0.2%) ($p < 0.05$). Las mieles de Lugo recogidas en el 2010 también mostraron diferencias significativas con el resto de las mieles de esta provincia ($p < 0.05$), con un valor medio superior (1.7%), frente a 0.3% en las mieles de 2008 y 2009.

Al estudiar el contenido en trehalosa y melecitosa de las mieles (Tabla 52), se comprobó que en A Coruña únicamente estaban presentes en las muestras del 2008. En las mieles de Ourense de las tres cosechas se encontraron estos dos azúcares, con una concentración media más elevada para el 2008, aunque las diferencias no resultaron en ningún caso significativas. Con respecto a las muestras de Lugo, la trehalosa y la melecitosa no se encontraron en las mieles del 2010, correspondiendo el contenido medio más elevado a las del 2008, pero no existiendo diferencias significativas entre los valores de ambos años. Finalmente, en las mieles de Pontevedra, la trehalosa solamente estaba presente en las mieles del 2008 y la melecitosa en las del 2008 y 2009, aunque al igual que en el resto de los casos, las diferencias entre los contenidos para cada cosecha no resultaron significativas.

Tabla 52. Análisis descriptivo del contenido en azúcares minoritarios (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
Maltosa	A Coruña	2008	22	4.0bc	1.7	3.2	4.8	0.8	7.0
		2009	17	1.5a	0.3	1.4	1.6	0.9	2.
		2010	4	1.9a	0.3	1.5	2.4	1.6	2.3
	Lugo	2008	31	3.3bc	1.4	2.8	3.8	0.9	5.6
		2009	32	1.4a	0.4	1.2	1.5	0.7	2.2
		2010	7	1.8a	0.5	1.4	2.3	1.1	2.5
	Ourense	2008	20	3.9bc	1.3	3.4	4.5	0.9	6.5
		2009	25	1.2a	0.3	1.1	1.4	0.7	1.9
		2010	7	1.7a	0.4	1.3	2.1	1.1	2.2
	Pontevedra	2008	11	4.3bc	0.8	3.7	4.9	3.3	5.9
		2009	18	1.5a	0.3	1.3	1.6	0.9	1.9
		2010	5	1.4a	0.1	1.2	1.5	1.2	1.5
Sacarosa	A Coruña	2008	22	0.2c	0.5	-0.01	0.4	Nd	2.2
		2009	17	0.4	0.6	0.14	0.8	Nd	2.0
		2010	4	1.2a	1.1	-0.5	3.0	Nd	2.6
	Lugo	2008	31	0.3c	0.6	0.1	0.5	Nd	2.4
		2009	32	0.3c	0.3	0.2	0.4	Nd	0.9
		2010	7	1.7ab	1.3	0.4	2.9	Nd	4.1
	Ourense	2008	20	0.6	1.4	-0.04	1.3	Nd	4.6
		2009	25	0.3	0.3	0.2	0.4	Nd	1.2
		2010	7	0.6	0.6	0.01	1.2	Nd	1.6
	Pontevedra	2008	11	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
		2009	18	0.1	0.2	0.03	0.2	Nd	0.4
		2010	5	0.1	0.3	-0.21	0.5	Nd	0.6

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010. Nd: no detectado.

Tabla 52 (Continuación). Análisis descriptivo del contenido en azúcares minoritarios (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
Trehalosa	A Coruña	2008	22	0.46	0.20	0.37	0.5	Nd	0.8
		2009	17	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
		2010	4	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	Lugo	2008	31	0.36	0.22	0.28	0.4	Nd	0.6
		2009	32	0.04	0.07	0.01	0.06	Nd	0.2
		2010	7	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	Ourense	2008	20	0.43	0.24	0.32	0.5	Nd	0.6
		2009	25	0.05	0.13	0.00	0.1	Nd	0.5
		2010	7	0.03	0.08	-0.04	0.1	Nd	0.2
	Pontevedra	2008	11	0.59	0.09	0.53	0.6	0.5	0.7
		2009	18	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
		2010	5	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Melecitosa	A Coruña	2008	22	0.14	0.18	0.07	0.2	Nd	0.4
		2009	17	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
		2010	4	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	Lugo	2008	31	0.14	0.20	0.07	0.2	Nd	0.5
		2009	32	0.04	0.12	0.00	0.09	Nd	0.5
		2010	7	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	Ourense	2008	20	0.32	0.24	0.21	0.4	Nd	0.6
		2009	25	0.06	0.08	0.03	0.1	Nd	0.2
		2010	7	0.03	0.07	-0.04	0.1	Nd	0.2
	Pontevedra	2008	11	0.24	0.20	0.11	0.4	Nd	0.4
		2009	18	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
		2010	5	0.08	0.11	-0.06	0.2	Nd	0.2

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010. Nd: no detectado.

3.2. MINERALES

Para el estudio del contenido en elementos minerales de interés nutritivo se han cuantificado: K, Ca, P, Mg, Na, Fe, Zn y Cu.

El contenido total de estos elementos ha variado desde un valor mínimo de 48.0 mg/100g hasta un valor máximo de 438.8 mg/100g, siendo el contenido medio de 188.2 mg/100g (Tabla 53). El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 176.2 y 200.1 mg/100g.

Tabla 53. Análisis descriptivo del contenido en minerales totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.

Minerales (mg/100g)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
				Límite inferior	Límite superior		
TOTAL	199	188.2	85.3	176.2	200.1	48.0	438.8

Como se aprecia en la figura 49, el K fue el mineral más abundante, aportando más del 70% sobre el total de los minerales identificados en las mieles, presentando un contenido medio de 152.7 mg/100g (Tabla 54). Los datos en este mineral presentaron una gran variación, desde un valor mínimo de 32.8 mg/100g (en una miel de Lugo del 2008) hasta un valor máximo de 377.0 mg/100g (en una miel de Ourense del 2009). Los valores más elevados en K fueron encontrados en su mayoría en las mieles de Ourense, el 54% de las muestras de esta provincia superaron los 200 mg/100g. Además estadísticamente el contenido en K de las mieles ourensanas mostraron diferencias significativas en el contenido medio con el resto de mieles analizadas ($p < 0.05$), con un contenido medio notablemente superior, de 211.7 mg/100g, frente a valores medios por debajo de los 150 mg/100g por provincia en las demás. Las concentraciones más bajas fueron detectadas en mieles de A Coruña y Lugo. El 35% y 23% de las muestras de estas provincias, respectivamente, estuvieron por debajo de 80 mg/100g, sin embargo, en las mieles de Ourense y Pontevedra los valores mínimos son más elevados.

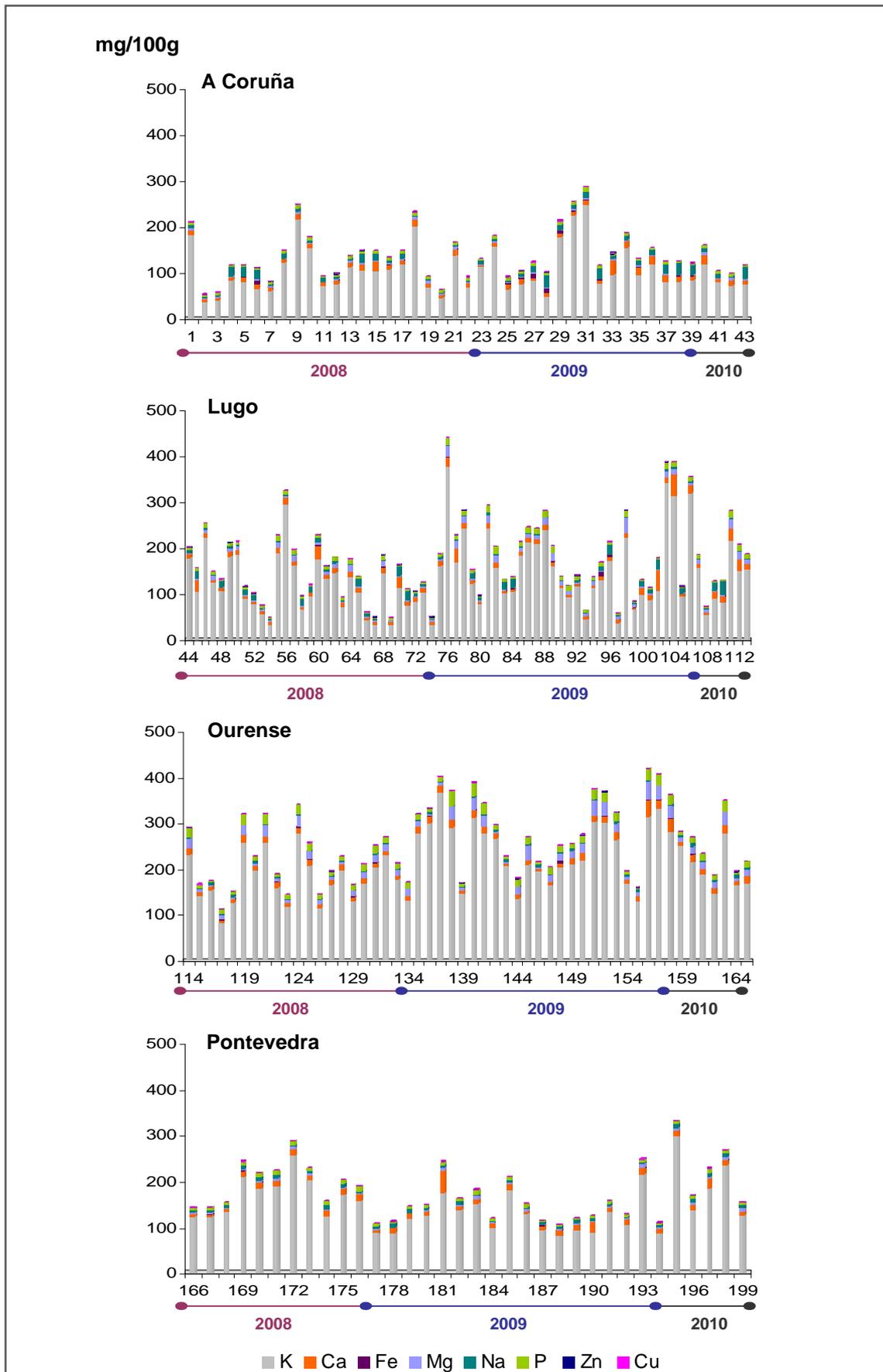


Figura 49. Contenido en minerales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Tabla 54. Análisis descriptivo del contenido de K, Ca, P y Mg (mg/100g) de las mieles de Galicia.

Minerales (mg/100g)		N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.		
					Límite inferior	Límite superior				
K	Provincia	A Coruña	43	107.3cd	51.2	91.5	123.0	36.1	248.8	
		Lugo	70	139.0c	76.9	120.7	157.3	32.8	377.0	
		Ourense	52	211.7abd	66.8	193.1	230.3	80.4	367.0	
		Pontevedra	34	148.0ac	53.2	129.4	166.6	81.3	296.7	
	Año	2008	84	134.9b	62.9	121.3	148.6	32.8	294.9	
		2009	92	167.5a	84.2	150.0	184.9	37.7	377.0	
		2010	23	158.4	67.7	129.1	187.7	54.4	296.7	
	TOTAL		199	152.7	75.3	142.1	163.2	32.8	377.0	
	Ca	Provincia	A Coruña	43	10.7	5.0	9.1	12.2	4.4	31.3
			Lugo	70	11.5	8.5	9.5	13.5	4.7	47.6
Ourense			52	12.7	5.3	11.2	14.1	7.2	36.3	
Pontevedra			34	12.2	7.4	9.6	14.7	5.5	48.1	
Año		2008	84	10.1b	4.5	9.1	11.1	4.7	29.2	
		2009	92	12.7a	8.5	10.9	14.5	4.4	48.1	
		2010	23	13.8	5.6	11.4	16.2	5.8	26.1	
TOTAL		199	11.7	6.9	10.8	12.7	4.4	48.1		
P		Provincia	A Coruña	43	5.1c	1.3	4.7	5.5	2.7	8.6
			Lugo	70	7.3c	3.7	6.4	8.1	2.4	17.1
	Ourense		52	13.4abd	6.9	11.5	15.4	3.4	31.5	
	Pontevedra		34	5.9c	1.8	5.3	6.6	3.0	10.1	
	Año	2008	84	7.4	4.2	6.4	8.3	2.6	22.0	
		2009	92	8.9	6.2	7.6	10.2	2.7	31.5	
		2010	23	8.2	4.7	6.2	10.3	2.4	22.7	
	TOTAL		199	8.2	5.3	7.4	8.9	2.4	31.5	
	Mg	Provincia	A Coruña	43	2.9bc	0.9	2.6	3.1	1.4	5.0
			Lugo	70	7.3acd	6.1	5.9	8.8	1.5	31.5
Ourense			52	15.1abd	9.5	12.5	17.7	2.1	40.2	
Pontevedra			34	3.8bc	1.8	3.2	4.4	1.7	9.0	
Año		2008	84	6.2b	5.3	5.0	7.3	1.6	25.9	
		2009	92	9.0a	9.3	7.1	10.9	1.4	40.2	
		2010	23	8.8	6.9	5.8	11.8	1.5	29.1	
TOTAL		199	7.8	7.7	6.7	8.9	1.4	40.2		

Letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Analizando el contenido medio del mineral K en las mieles gallegas por año de cosecha, se ha visto que las mieles del 2009 fueron significativamente diferentes a las del 2008 ($p < 0.05$), con un contenido mayor, de 167.5 mg/100g frente a 134.9 mg/100g en las mieles del 2008 (Tabla 54).

Como elementos mayoritarios le sigue el Ca, el P, y el Mg, con valores medios de 11.7 mg/100g, 8.2 mg/100g, y 7.8 mg/100g, respectivamente (Tabla 54).

La concentración de Ca en las mieles gallegas varió entre un valor mínimo de 4.4 mg/100g, cuantificado en una miel de A Coruña del 2009 y un valor máximo de 48.1 mg/100g, cuantificado en una miel de Pontevedra, también del 2009 (Figura 49 y Tabla 54). Los valores más elevados se obtuvieron para las muestras de Ourense y Pontevedra (12.7% y 12.2%, respectivamente). Aunque el contenido medio de Ca de las mieles de las cuatro provincias no son significativamente diferentes. Sin embargo, las mieles del 2008 presentaron diferencias significativas con las mieles del 2009 ($p < 0.05$), con un valor medio de 10.1 mg/100g y 12.7 mg/100g, respectivamente.

El contenido de P varió entre 2.4 mg/100g en una miel de Lugo del 2010 y 31.5 mg/100g en una miel de Ourense del 2009. Se han observado diferencias significativas en el contenido medio de las mieles de Ourense con respecto al contenido cuantificado en las mieles de las demás provincias ($p < 0.05$), siendo levemente superior, con un valor de 13.4 mg/100g. Si bien, entre las tres cosechas analizadas no se han encontrado diferencias significativas en cuanto al contenido de P.

La concentración de Mg varió entre 1.4 y 40.2 mg/100g. Las mieles de Lugo y Ourense presentaron los valores más elevados, con contenidos medios con 7.3 y 15.1 mg/100g, respectivamente. Estadísticamente mostraron diferencias significativas con las otras dos provincias ($p < 0.05$).

Tabla 55. Análisis descriptivo del contenido en K y Ca (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
K	A Coruña	2008	22	103.3	50.1	81.1	125.6	36.1	215.2
		2009	17	117.0	57.2	87.6	146.4	48.3	248.8
		2010	4	87.3	21.5	53.1	121.6	73.3	119.2
	Lugo	2008	31	116.0b	62.0	93.3	138.8	32.8	294.9
		2009	32	163.4a	87.5	131.8	194.9	37.7	377.0
		2010	7	129.1	56.5	76.9	181.4	54.4	216.6
	Ourense	2008	20	179.8b	54.0	154.5	205.0	80.4	279.4
		2009	25	240.1a	69.7	211.3	268.8	128.8	367.0
		2010	7	201.6	48.5	156.7	246.5	146.3	276.8
	Pontevedra	2008	11	169.7b	43.3	140.6	198.8	122.0	255.7
		2009	18	121.5ac	38.6	102.3	140.7	81.3	215.7
		2010	5	195.5b	71.0	107.3	283.7	124.8	296.7
Ca	A Coruña	2008	22	9.6	3.5	8.1	11.2	6.5	20.3
		2009	17	11.7	6.1	8.6	14.9	4.4	31.3
		2010	4	11.9	7.0	0.7	23.0	5.8	21.9
	Lugo	2008	31	10.0	6.3	7.7	12.3	4.7	29.2
		2009	32	12.1	10.4	8.3	15.8	4.8	47.6
		2010	7	15.3	7.2	8.7	22.0	6.1	26.1
	Ourense	2008	20	10.6	2.5	9.4	11.8	7.5	15.9
		2009	25	14.1	6.8	11.3	16.9	7.2	36.3
		2010	7	13.5	3.7	10.1	16.9	8.8	18.4
	Pontevedra	2008	11	10.5	3.1	8.5	12.6	5.5	13.2
		2009	18	12.8	9.5	8.0	17.5	5.6	48.1
		2010	5	13.5	5.5	6.7	20.3	9.2	22.8

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Al estudiar los datos obtenidos para estos minerales por provincia y año de cosecha (Tabla 55), se comprobó que en el caso del K, se han encontrado diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las cosechas del año 2008 y 2009 para las concentraciones de K de las mieles de la provincia de Lugo y Ourense, con valores medios de 116.0 mg/100g y 163.4 mg/100g (muestras de Lugo) y 180.0 mg/100g y 240.1 mg/100g (muestras de Ourense). Además el contenido de K de las mieles de Pontevedra recolectadas durante el año 2009 fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) a las de las cosechas del 2010 y 2008, que contienen el valor medio más bajo (121.5 mg/100g).

En relación al contenido de Ca, no se encontraron diferencias significativas ya que presentan contenidos medios similares en las mieles de las tres cosechas estudiadas (Tabla 55). Aunque cabe destacar que los valores máximos cuantificados en las mieles de cada provincia se corresponden con las del año 2009, y en todos los casos con concentraciones superiores a 30 mg/100g.

Tabla 56. Análisis descriptivo del contenido en P y Mg (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
P	A Coruña	2008	22	5.1	1.0	4.7	5.5	3.3	7.5
		2009	17	5.2	1.7	4.3	6.1	2.7	8.6
		2010	4	4.7	1.0	3.0	6.3	3.8	6
	Lugo	2008	31	5.9	2.6	5.0	6.9	2.6	11.3
		2009	32	8.5	4.0	7.1	9.9	2.8	17.1
		2010	7	7.4	4.5	3.3	11.6	2.4	14.5
	Ourense	2008	20	12.1	5.7	9.5	14.8	3.4	22.0
		2009	25	14.8	8.0	11.5	18.2	4.6	31.5
		2010	7	12.1	5.5	7.0	17.2	5.5	22.7
	Pontevedra	2008	11	7.2b	1.3	6.3	8.1	5.6	10.1
		2009	18	5.0ac	1.7	4.1	5.8	3.0	9.5
		2010	5	6.8b	1.1	5.4	8.2	5.9	8.7
Mg	A Coruña	2008	22	3.2b	1.0	2.7	3.6	1.6	5.0
		2009	17	2.3ac	0.5	2.1	2.6	1.4	3.0
		2010	4	3.4b	0.5	2.6	4.2	3.0	4.1
	Lugo	2008	31	5.2b	3.7	3.8	6.6	1.7	14.1
		2009	32	8.9a	7.2	6.3	11.5	1.8	31.5
		2010	7	9.1	6.8	2.8	15.4	1.5	19.3
	Ourense	2008	20	12.1	7.1	8.8	15.4	2.1	25.9
		2009	25	17.7	11.0	13.2	22.3	2.9	40.2
		2010	7	14.2	7.8	7.0	21.4	5.1	29.1
	Pontevedra	2008	11	4.13	0.8	3.6	4.7	2.8	5.8
		2009	18	3.18	2.1	2.1	4.2	1.7	9.0
		2010	5	5.20	1.4	3.4	7.0	3.04	6.6

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En general, el contenido medio de P por cosecha en las mieles de cada provincia ha sido similar (Tabla 56). Solo se han visto diferencias significativas en el contenido medio de P entre las mieles de Pontevedra ($p < 0.05$) del 2009 (5.0 mg/100g) con las del 2008 (7.2 mg/100g) y 2010 (6.8 mg/100g).

Con respecto al Mg, las mieles de A Coruña y Lugo presentaron diferencias significativas entre las mieles de distintas cosechas (Tabla 56). El contenido medio de Mg en las mieles del 2009 de A Coruña fue significativamente inferior (2.3 mg/100g) que las de 2008 (3.2 mg/100g) y 2010 (3.4 mg/100g) ($p < 0.05$). Mientras que en las muestras de Lugo las diferencias significativas en el contenido medio de Mg, corresponden a las mieles del 2008 y 2009 ($p < 0.05$), con valores medios de 5.2 y 8.9 mg/100g, respectivamente. En el resto de las mieles no se han encontrado diferencias significativas para este mineral entre las diferentes cosechas. Por otra parte, el contenido medio de Mg más elevado corresponde a la cosecha del 2010 en tres de las cuatro provincias (A Coruña, Lugo y Pontevedra). En el caso de Ourense, las muestras del 2009 son las que presentan mayor concentración de este mineral.

Del resto de minerales, el Na, es el único que ha aparecido en alguna muestra con contenidos importantes, destacando el valor máximo de 29.7 mg/100g en una muestra de Lugo del 2010 (Tabla 57). La concentración de este elemento ha sido más variable en las mieles de A Coruña y Lugo (Figura 49), con rangos entre 2.2 y 26.7 mg/100g y 1.2 y 29.7 mg/100g, respectivamente. Las mieles de A Coruña tuvieron un contenido medio en este mineral de 10.9 mg/100g, significativamente diferente y superior a las mieles de las demás provincias ($p < 0.05$). Las mieles de Ourense presentaron el menor contenido, de 3.5 mg/100g. Sin embargo, no se han visto diferencias significativas en el contenido medio por año de cosecha, aunque los valores más elevados se obtuvieron para las mieles del 2010.

El contenido en Fe de la miel es realmente bajo y muy similar en todas las muestras. Destacan exclusivamente algunas muestras con valores más elevados procedentes de la provincia de A Coruña, con un valor máximo de 9.8 mg/100g. La concentración media fue de 0.6 mg/100g, y solamente se han encontrado diferencias significativas entre las mieles de A Coruña con las del resto de provincias ($p < 0.05$). Al estudiar la concentración de este mineral por año de cosecha, se obtuvieron los valores más elevados en las mieles del 2009, aunque las diferencias entre cosechas no fueran significativas.

Por último, en cuanto al Zn y el Cu no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a su concentración entre las mieles de las distintas provincias, ni tampoco entre muestras de distintas cosechas. Los valores medios cuantificados estuvieron por debajo de 0.3 mg/100g.

Tabla 57. Análisis descriptivo de los minerales (mg/100g) de las mieles de Galicia.

Minerales (mg/100g)		N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.	
					Límite inferior	Límite superior			
Na	Provincia	A Coruña	43	10.9bcd	7.3	8.6	13.1	2.2	26.7
		Lugo	70	6.9ac	6.4	5.4	8.5	1.2	29.7
		Ourense	52	3.5ab	1.7	3.0	4.0	0.9	8.1
		Pontevedra	34	6.0a	1.8	5.4	6.6	2.9	9.6
	Año	2008	84	6.4	5.4	5.2	7.6	0.9	21.2
		2009	92	6.7	5.8	5.5	7.9	1.1	26.7
		2010	23	8.1	7.0	5.1	11.2	1.9	29.7
TOTAL		199	6.7	5.8	5.9	7.5	0.9	29.7	
Fe	Provincia	A Coruña	43	1.3bcd	2.3	0.6	2.0	0.1	9.8
		Lugo	70	0.5a	1.0	0.3	0.8	0.1	7.6
		Ourense	52	0.4a	0.6	0.3	0.6	0.1	4.0
		Pontevedra	34	0.3a	0.2	0.3	0.4	0.1	0.9
	Año	2008	84	0.5	1.1	0.3	0.7	0.1	9.8
		2009	92	0.9	1.6	0.6	1.2	0.1	8.9
		2010	23	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.5
TOTAL		199	0.6	1.3	0.5	0.8	0.1	9.8	
Zn	Provincia	A Coruña	43	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	1.0
		Lugo	70	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.7
		Ourense	52	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	2.7
		Pontevedra	34	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5
	Año	2008	84	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	1.0
		2009	92	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.7
		2010	23	0.2	0.6	0.1	0.5	0.1	2.7
TOTAL		199	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	2.7	
Cu	Provincia	A Coruña	43	0.3	0.4	0.2	0.4	0.1	1.5
		Lugo	70	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	1.3
		Ourense	52	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	1.7
		Pontevedra	34	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7
	Año	2008	84	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	1.0
		2009	92	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	1.7
		2010	23	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
TOTAL		199	0.21	0.3	0.2	0.2	0.1	1.7	

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Tabla 58. Análisis descriptivo del contenido en Na y Fe (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
Na	A Coruña	2008	22	8.5b	6.1	5.7	11.2	2.2	20.1
		2009	17	13.6a	7.5	9.7	17.5	4	26.7
		2010	4	12.4	9.3	-2.4	27.2	5.3	26
	Lugo	2008	31	7.2	6.3	4.9	9.5	1.2	21.2
		2009	32	6.3	5.5	4.3	8.3	1.6	19.4
		2010	7	8.7	10.5	-1.0	18.4	1.9	29.7
	Ourense	2008	20	3.0c	1.5	2.3	3.7	0.9	6.1
		2009	25	3.4c	1.5	2.7	4.0	1.1	6.2
		2010	7	5.5ab	2.0	3.6	7.3	2.2	8.1
	Pontevedra	2008	11	6.0	2.0	4.7	7.4	3.5	9.6
		2009	18	5.5c	1.5	4.8	6.3	2.9	8.3
		2010	5	7.7b	0.9	6.6	8.8	6.2	8.5
Fe	A Coruña	2008	22	0.9	2.0	-0.04	1.8	0.1	9.7
		2009	17	2.2	2.6	0.9	3.5	0.1	8.8
		2010	4	0.3	0.2	-0.02	0.6	0.1	0.5
	Lugo	2008	31	0.4	0.3	0.3	0.5	0.01	1.7
		2009	32	0.8	1.5	0.2	1.3	0.2	7.6
		2010	7	0.3	0.1	0.2	0.4	0.1	0.5
	Ourense	2008	20	0.4	0.3	0.2	0.5	0.1	1.5
		2009	25	0.6	0.7	0.2	0.9	0.1	4.1
		2010	7	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3
	Pontevedra	2008	11	0.3	0.2	0.2	0.5	0.08	0.9
		2009	18	0.4	0.2	0.3	0.5	0.1	0.8
		2010	5	0.2	0.02	0.2	0.2	0.2	0.2

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En cuanto al contenido en los minerales de Na y Fe en las mieles de cada provincia y por año de cosecha (Tabla 58), la concentración del Na es mayor en las muestras de Lugo, Pontevedra y Ourense del 2010, mientras que en las de A Coruña es más elevada en el 2009. Se encontraron diferencias significativas entre diferentes cosechas para las mieles de A Coruña (2008 y 2009), Ourense (2010 con 2008 y 2009) y Pontevedra (2009 y 2010).

El Fe se encuentra en mayor proporción en las mieles de la cosecha del 2009, aunque en ningún caso, existen diferencias significativas entre los diferentes años estudiados, y tampoco entre las cuatro provincias.

Tabla 59. Análisis descriptivo del contenido en Zn y Cu (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

	Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
						Límite inferior	Límite superior		
Zn	A Coruña	2008	22	0.26	0.19	0.18	0.35	0.13	1.00
		2009	17	0.18	0.06	0.15	0.22	0.07	0.34
		2010	4	0.11	0.08	-0.02	0.24	0.06	0.23
	Lugo	2008	31	0.20c	0.10	0.17	0.23	0.10	0.40
		2009	32	0.20c	0.10	0.19	0.26	0.10	0.70
		2010	7	0.10ab	0.05	0.07	0.14	0.10	0.20
	Ourense	2008	20	0.18	0.05	0.15	0.20	0.09	0.30
		2009	25	0.22	0.07	0.19	0.24	0.11	0.36
		2010	7	0.47	1.00	-0.46	1.40	0.08	2.75
	Pontevedra	2008	11	0.20c	0.05	0.17	0.23	0.13	0.28
		2009	18	0.18c	0.09	0.13	0.23	0.10	0.54
		2010	5	0.08ab	0.02	0.06	0.10	0.06	0.10
Cu	A Coruña	2008	22	0.15b	0.22	0.06	0.25	0.03	1.00
		2009	17	0.48a	0.50	0.22	0.73	0.07	1.48
		2010	4	0.09	0.04	0.02	0.15	0.03	0.13
	Lugo	2008	31	0.2	0.2	0.17	0.31	0.01	0.7
		2009	32	0.2	0.2	0.11	0.29	0.1	1.3
		2010	7	0.1	0.01	0.07	0.16	0.01	0.2
	Ourense	2008	20	0.19	0.15	0.11	0.26	0.06	0.66
		2009	25	0.24	0.31	0.11	0.36	0.06	1.69
		2010	7	0.14	0.04	0.10	0.17	0.08	0.19
	Pontevedra	2008	11	0.18	0.21	0.03	0.32	0.03	0.71
		2009	18	0.13	0.16	0.05	0.21	0.04	0.74
		2010	5	0.09	0.05	0.03	0.16	0.05	0.18

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

El contenido en Zn de las mieles de Lugo y Pontevedra del 2010 es significativamente más bajo que el de las muestras del 2008 y 2009 ($p < 0.05$). En el resto de provincias no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes cosechas (Tabla 59).

Para el Cu, solamente resultaron significativas las diferencias entre las mieles de A Coruña del 2009 y 2008 ($p < 0.05$), con una concentración más elevada para el 2009. El resto de provincias y a pesar de no existir diferencias significativas, el contenido medio más elevado de Cu en Lugo corresponde a mieles del 2008 y 2009, con el mismo valor (0.2 mg/100g), en Ourense a las del 2009 (0.24 mg/100g) y en Pontevedra a las del 2008 (0.18 mg/100g).

3.3. PROTEÍNAS

El contenido medio de proteínas de las mieles de Galicia analizadas fue de 0.75%, variando desde un mínimo de 0.25% cuantificado en una miel de Pontevedra del 2008 hasta un máximo de 1.42% cuantificado en una miel de Lugo del 2009 (Tabla 60). El límite inferior según el intervalo de confianza para la media al 95% fue de 0.71% y el superior de 0.78%.

Tabla 60. Análisis descriptivo del contenido proteico (%) de las mieles de Galicia.

	Proteínas (%)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	0.63c	0.20	0.57	0.69	0.33	1.16
	Lugo	70	0.72c	0.24	0.66	0.78	0.33	1.42
	Ourense	52	0.90abd	0.25	0.83	0.97	0.41	1.31
	Pontevedra	34	0.73c	0.23	0.65	0.81	0.25	1.37
Año	2008	84	0.62bc	0.19	0.58	0.66	0.25	1.06
	2009	92	0.84a	0.25	0.79	0.89	0.42	1.42
	2010	23	0.88a	0.23	0.78	0.98	0.42	1.37
	TOTAL	199	0.75	0.25	0.71	0.78	0.25	1.42

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Las muestras procedentes de A Coruña tienen, en general, menor contenido proteico que las procedentes de Lugo, Ourense y Pontevedra. En todo caso este contenido proteico, aún siendo bajo, tiene una variación importante entre las muestras (Figura 50). Si tenemos en cuenta los contenidos medios de las muestras de cada provincia (Tabla 60) se observan diferencias significativas entre las mieles de Ourense y las demás ($p < 0.05$), siendo mayor en las de esta provincia, con un valor de 0.90%.

Con respecto al contenido medio en las mieles por año de cosecha, las mieles del 2008 mostraron diferencias significativas con las demás ($p < 0.05$), ya que el contenido medio de estas mieles fue menor (0.62%), frente a valores por encima del 0.80% en las mieles del 2009 y 2010.

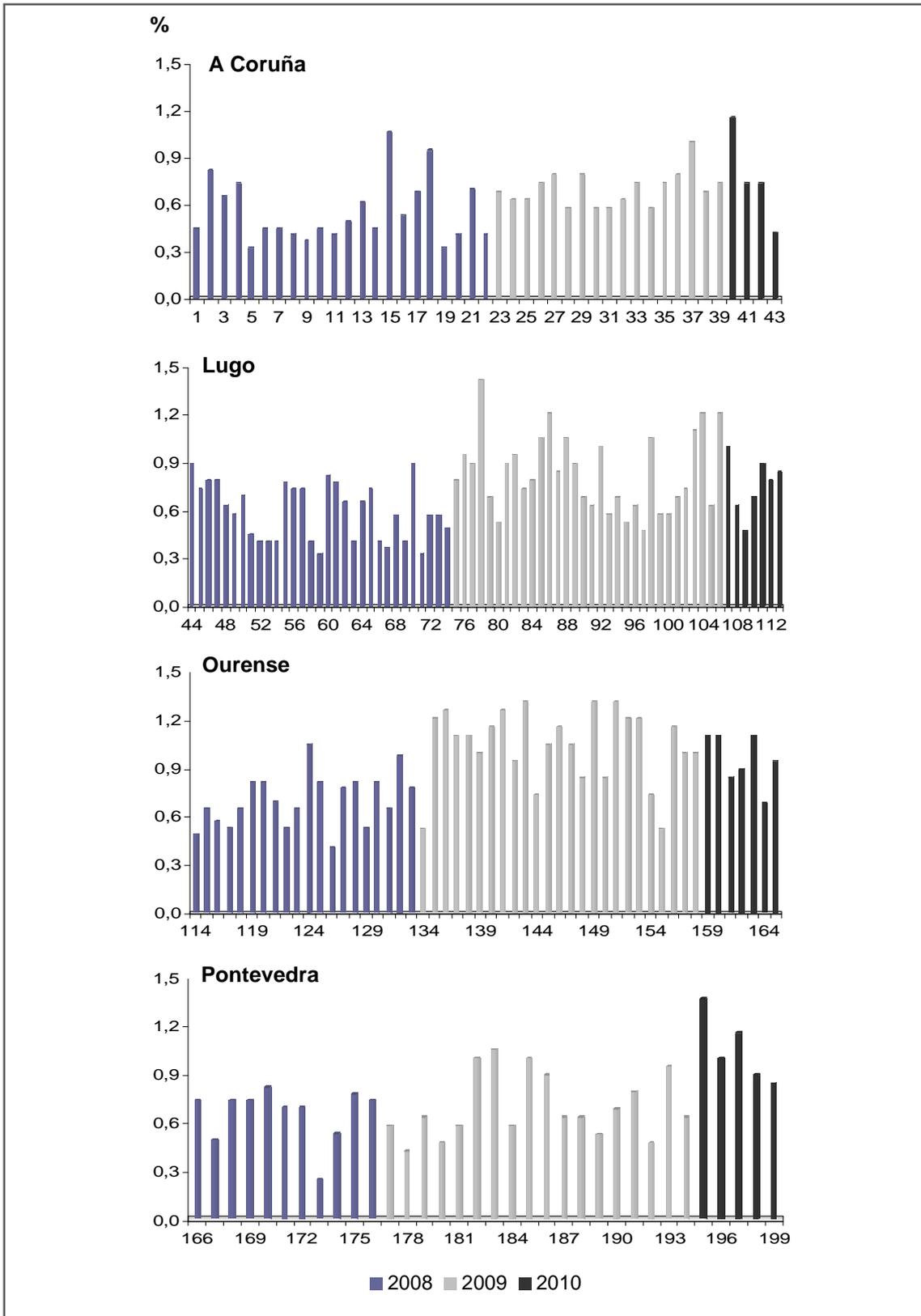


Figura 50. Contenido proteico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 61. Análisis descriptivo del contenido proteico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	0.55b	0.20	0.46	0.64	0.33	1.06
	2009	17	0.70a	0.11	0.64	0.76	0.58	1.00
	2010	4	0.76	0.30	0.28	1.24	0.42	1.16
Lugo	2008	31	0.59b	0.18	0.53	0.66	0.33	0.89
	2009	32	0.83a	0.24	0.75	0.92	0.47	1.42
	2010	7	0.76	0.18	0.60	0.92	0.47	1.00
Ourense	2008	20	0.70bc	0.17	0.63	0.78	0.41	1.05
	2009	25	1.04a	0.23	0.95	1.14	0.53	1.31
	2010	7	0.95a	0.16	0.80	1.10	0.68	1.10
Pontevedra	2008	11	0.65c	0.17	0.54	0.77	0.25	0.82
	2009	18	0.70c	0.20	0.60	0.79	0.42	1.05
	2010	5	1.05ab	0.21	0.79	1.32	0.84	1.37

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

El contenido proteico medio en las mieles de A Coruña, diferenció la cosecha del año 2008 (0.55%) de la del año 2009 (0.70%) ($p < 0.05$) (Tabla 61). Lo mismo ha sucedido con las mieles de Lugo con un valor medio de 0.59% para las mieles del 2008 y 0.83% para las mieles del 2009.

En las mieles de la provincia de Ourense se ha observado que las muestras del 2008 mostraron diferencias significativas en este nutriente con respecto a las de los otros dos años ($p < 0.05$). El contenido medio de proteínas en las muestras del 2008 fue inferior, con un valor de 0.70%, mientras que el contenido medio en las mieles del 2009 y 2010 fue similar, 1.04% y 0.95%, respectivamente.

Finalmente, con respecto a las mieles de la provincia de Pontevedra, los datos de proteínas del 2010 resultaron significativamente diferentes de los datos del 2008 y 2009 ($p < 0.05$). El porcentaje medio de proteínas en las mieles del 2010 fue superior, de 1.05%, frente a valores de 0.65% en las del 2008 y 0.70% en las del 2009.

3.4. LÍPIDOS

El contenido en lípidos de la miel depende básicamente de los restos de cera que la miel pueda contener y de los elementos bióticos que contenga. En todo caso este valor es siempre muy próximo a cero (Figura 51).

El valor medio fue de 0.01%, con un contenido máximo de 0.14% para una miel producida en Ourense en el año 2008 (Tabla 62).

Tabla 62. Análisis descriptivo del contenido lipídico (%) de las mieles de Galicia.

	Lípidos (%)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04
	Lugo	70	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.07
	Ourense	52	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.14
	Pontevedra	34	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.13
Año	2008	84	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.14
	2009	92	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.13
	2010	23	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.08
	TOTAL	199	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.14

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En las muestras de A Coruña, el valor máximo de lípidos alcanzado ha sido de 0.04% y se ha cuantificado este nutriente en el 28% de las muestras. También se ha encontrado en el 3% de las muestras de Lugo con un contenido máximo de 0.07%.

En el caso de las mieles de Ourense dos muestras superan el 0.1% de lípidos aunque en las demás el valor es inferior a 0.07% (Figura 51). Se ha podido cuantificar lípidos en el 63% de las muestras de este origen geográfico y en el 29% de la provincia de Pontevedra. En estas últimas, también se ha encontrado una muestra con un valor superior a 0.1%.

No se han encontrado diferencias significativas para el contenido lipídico entre las mieles de las diferentes provincias, ni tampoco entre las mieles de las diferentes cosechas (Tabla 62).

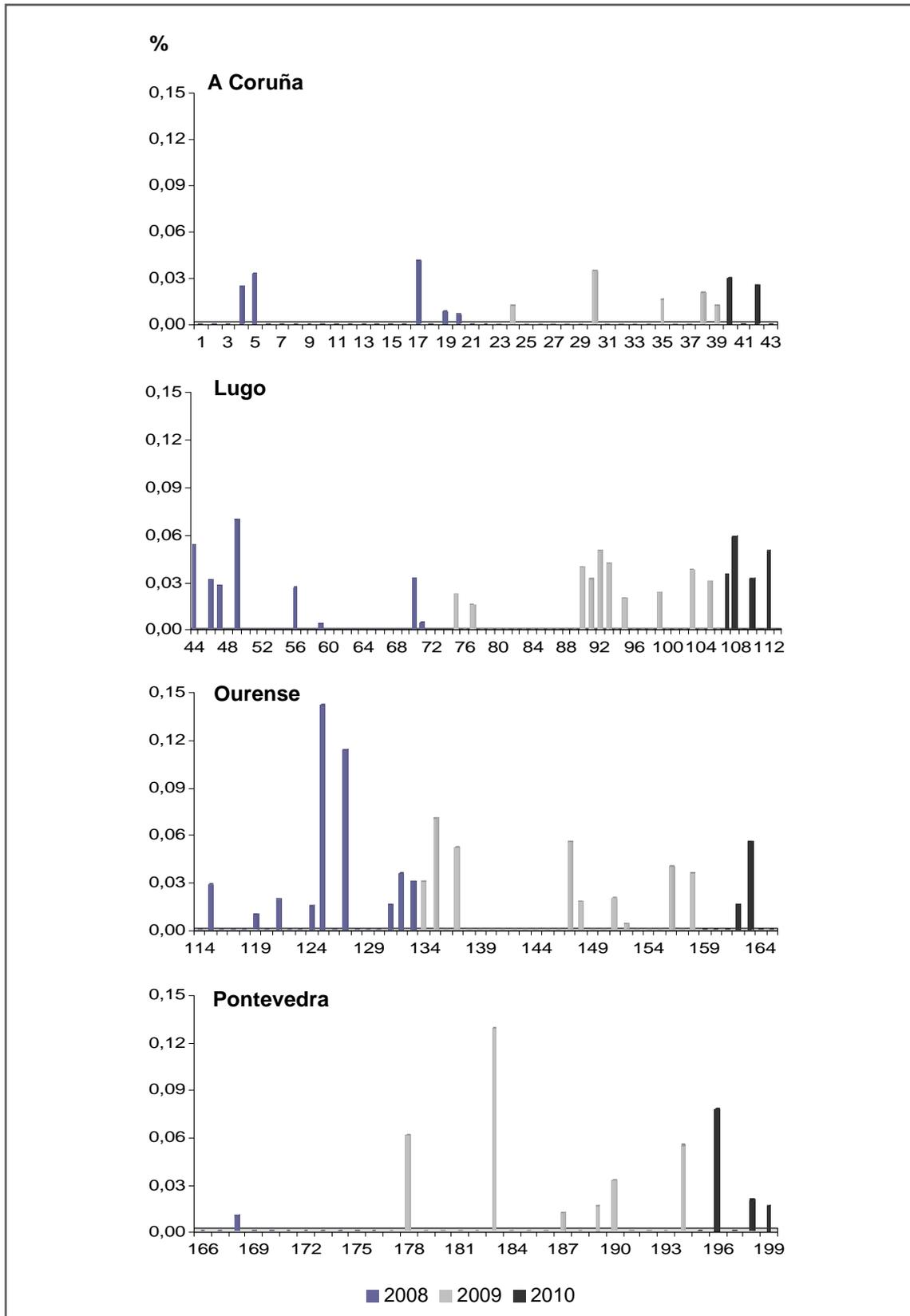


Figura 51. Contenido lipídico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 63. Análisis descriptivo del contenido lipídico (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04
	2009	17	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03
	2010	4	0.01	0.02	-0.01	0.04	0.00	0.03
Lugo	2008	31	0.01c	0.02	0.00	0.01	0.00	0.07
	2009	32	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05
	2010	7	0.03a	0.03	0.00	0.05	0.00	0.06
Ourense	2008	20	0.02	0.04	0.00	0.04	0.00	0.14
	2009	25	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.07
	2010	7	0.01	0.02	-0.01	0.03	0.00	0.06
Pontevedra	2008	11	0.001	0.003	0.00	0.00	0.00	0.01
	2009	18	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.13
	2010	5	0.02	0.03	-0.02	0.06	0.00	0.08

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Aunque se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el contenido en lípidos de las mieles del 2008 y 2010 de la provincia de Lugo (Tabla 63), en general, la presencia de estos compuestos lipídicos no dependen de la procedencia geográfica ni del año de cosecha.

3.5. VALOR CALÓRICO

El valor calórico de la miel es función de su contenido en azúcares, grasas y proteínas, principalmente. Las variaciones en la composición de la miel para estos compuestos influyen directamente en el contenido energético del alimento.

El valor calórico medio ascendió a 321.7 kcal/100g, con un valor mínimo y máximo de 312.1 y 331.1 kcal/100g, respectivamente. El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 319.8 y 322.8 kcal/100g (Tabla 64).

Tabla 64. Análisis descriptivo del valor calórico (kcal/100g) de las mieles de Galicia.

	Valor calórico (kcal/100g)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	321.3	4.9	319.8	322.8	312.1	331.1
	Lugo	70	321.7	5.1	320.5	322.9	306.6	329.5
	Ourense	52	321.3	7.6	319.2	323.4	298.0	339.6
	Pontevedra	34	322.8	4.7	321.1	324.4	311.4	329.8
Año	2008	84	323.9	5.0	322.8	325.0	302.9	339.6
	2009	92	319.5	5.8	318.3	320.7	298.0	329.9
	2010	23	321.9	4.5	320.0	323.9	311.8	327.7
	TOTAL	199	321.7	5.7	320.9	322.5	298.0	339.6

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Como se puede observar en la figura 52 el valor calórico de las muestras estudiadas supera las 300 kcal/100g, a excepción de tres muestras procedentes de la provincia de Ourense. Este hecho probablemente sea debido a un menor contenido en azúcares de estas mieles. Sin embargo, el valor energético medio aportado por las mieles en cada provincia fue muy similar, en torno a las 322 kcal/100g (Tabla 64).

Lo mismo ha sucedido en el análisis de varianza realizado por año de muestreo, no se han encontrado diferencias significativas en el valor calórico. Los valores medios estuvieron en torno a las 320 kcal/100g en los tres años de estudio.

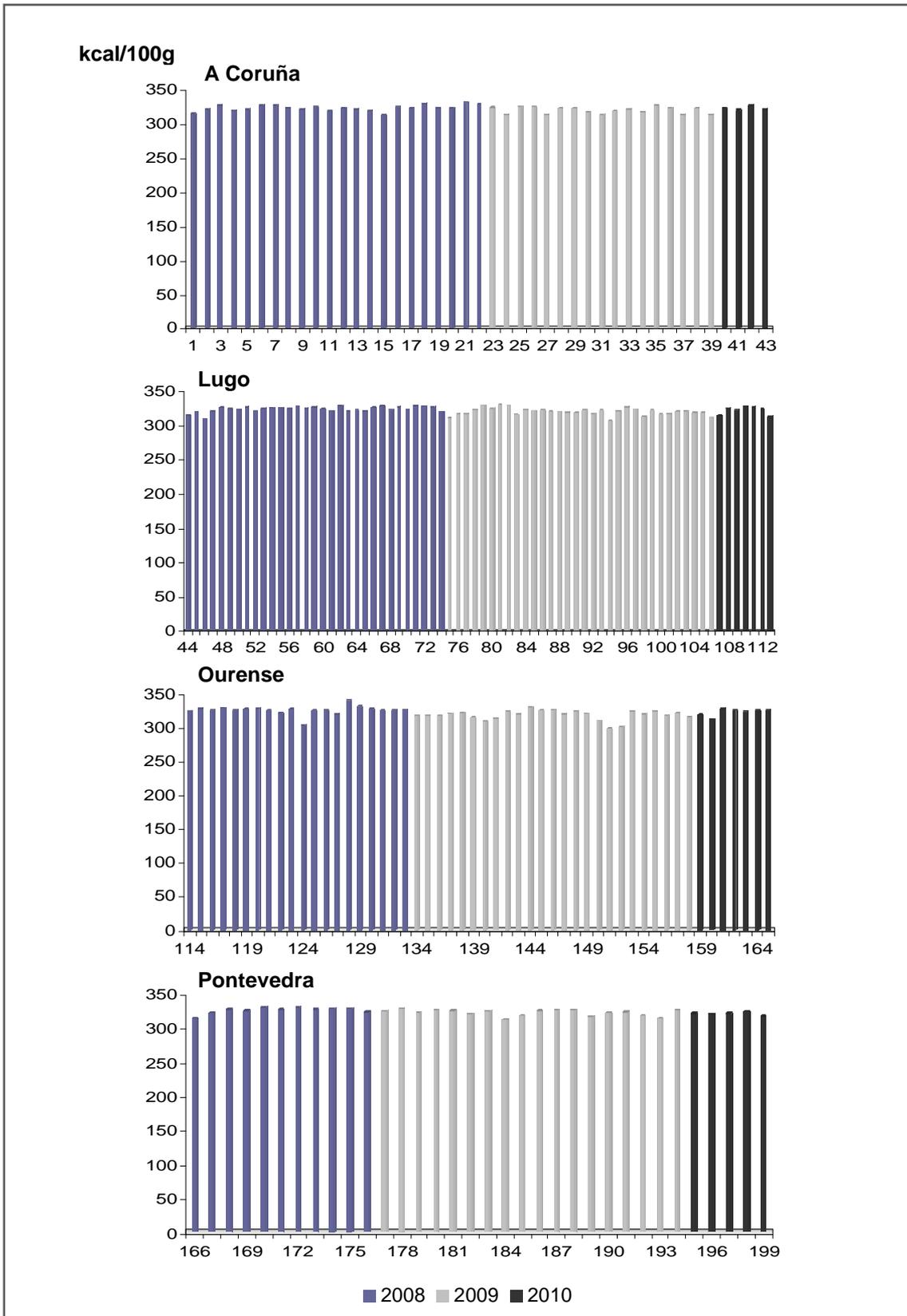


Figura 52. Valor calórico (kcal/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 65. Análisis descriptivo del valor calórico (kcal/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	322.6	4.7	320.6	324.7	312.1	331.1
	2009	17	319.2	4.9	316.7	321.7	312.5	326.3
	2010	4	322.6	3.0	317.8	327.4	319.6	326.7
Lugo	2008	31	323.5	4.1	322.0	325.0	309.5	328.5
	2009	32	319.8	5.2	317.9	321.7	306.6	329.5
	2010	7	321.9	5.9	316.4	327.3	313.0	327.4
Ourense	2008	20	325.3b	6.6	322.2	328.3	302.9	339.6
	2009	25	317.7a	7.3	314.7	320.8	298.0	329.9
	2010	7	322.5	5.5	317.5	327.6	311.8	327.7
Pontevedra	2008	11	325.4	4.7	322.2	328.5	313.7	329.8
	2009	18	321.8	4.8	319.4	324.1	311.4	327.8
	2010	5	320.6	2.3	317.7	323.4	317.0	323.4

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Apenas hubo diferencias en el valor calórico medio entre las diferentes cosechas en las mieles de A Coruña, Lugo y Pontevedra y estadísticamente fueron similares (Tabla 65). El rango de variación estuvo comprendido en un intervalo pequeño, siendo el más amplio el de las mieles de Ourense. Estas mieles presentaron el valor más bajo en una miel del 2009 (298.0 kcal/100g) y el más elevado en una miel del 2008 (339.6 kcal/100g). Además el contenido energético de estas mieles fue significativamente más elevado en el 2008 (325.3 kcal/100g) que en el 2009 (317.7 kcal/100g) ($p < 0.05$).

4. COMPUESTOS SALUDABLES DE LA MIEL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Entre las propiedades biológicas que se le atribuyen a la miel destacan aquellas relacionadas con su capacidad como antioxidante. Uno de los componentes antioxidantes son los polifenoles y dentro de ellos los flavonoides. Por ello se ha realizado una estimación de estos compuestos en las muestras estudiadas. La concentración de polifenoles se expresa en mg equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de miel y en el caso de los flavonoides en mg equivalentes de quercetina por cada 100 g de miel, si bien para facilitar la lectura del texto, se referirá a mg/100g. Además se ha valorado la capacidad antioxidante de la miel teniendo en cuenta el tiempo de decoloración de una disolución de permanganato de potasio y mediante la medida de la actividad de la miel (*Radical scavenging activity*) sobre el DPPH (RSA) y el cálculo de la concentración de miel que es necesaria para inhibir a la mitad la disolución del DPPH (índice IC₅₀).

4.1. POLIFENOLES

El contenido en polifenoles o fenoles totales calculado según el método de Folin-Ciocalteu ha variado desde un valor mínimo de 33.9 mg/100g hasta un máximo de 237.0 mg/100g, ambos cuantificados en mieles de Lugo (Tabla 66). El contenido medio total fue de 110.9 mg/100g y el intervalo de confianza para la media al 95% se distribuyó entre los valores de 104.6 y 117.1 mg/100g.

Tabla 66. Análisis descriptivo del contenido en polifenoles totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.

	Polifenoles (mg/100g)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	111.0d	50.7	95.5	126.6	39.7	221.2
	Lugo	70	119.8d	46.7	108.7	130.9	33.9	237.0
	Ourense	52	118.9d	38.7	108.1	129.7	47.7	217.3
	Pontevedra	34	80.0abc	25.0	71.3	88.8	38.1	122.8
Año	2008	84	99.5bc	41.6	90.5	108.6	33.9	237.0
	2009	92	116.4a	47.6	106.6	126.3	38.1	224.4
	2010	23	130.2a	33.7	115.6	144.8	67.2	221.9
	TOTAL	199	110.9	44.8	104.6	117.1	33.9	237.0

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

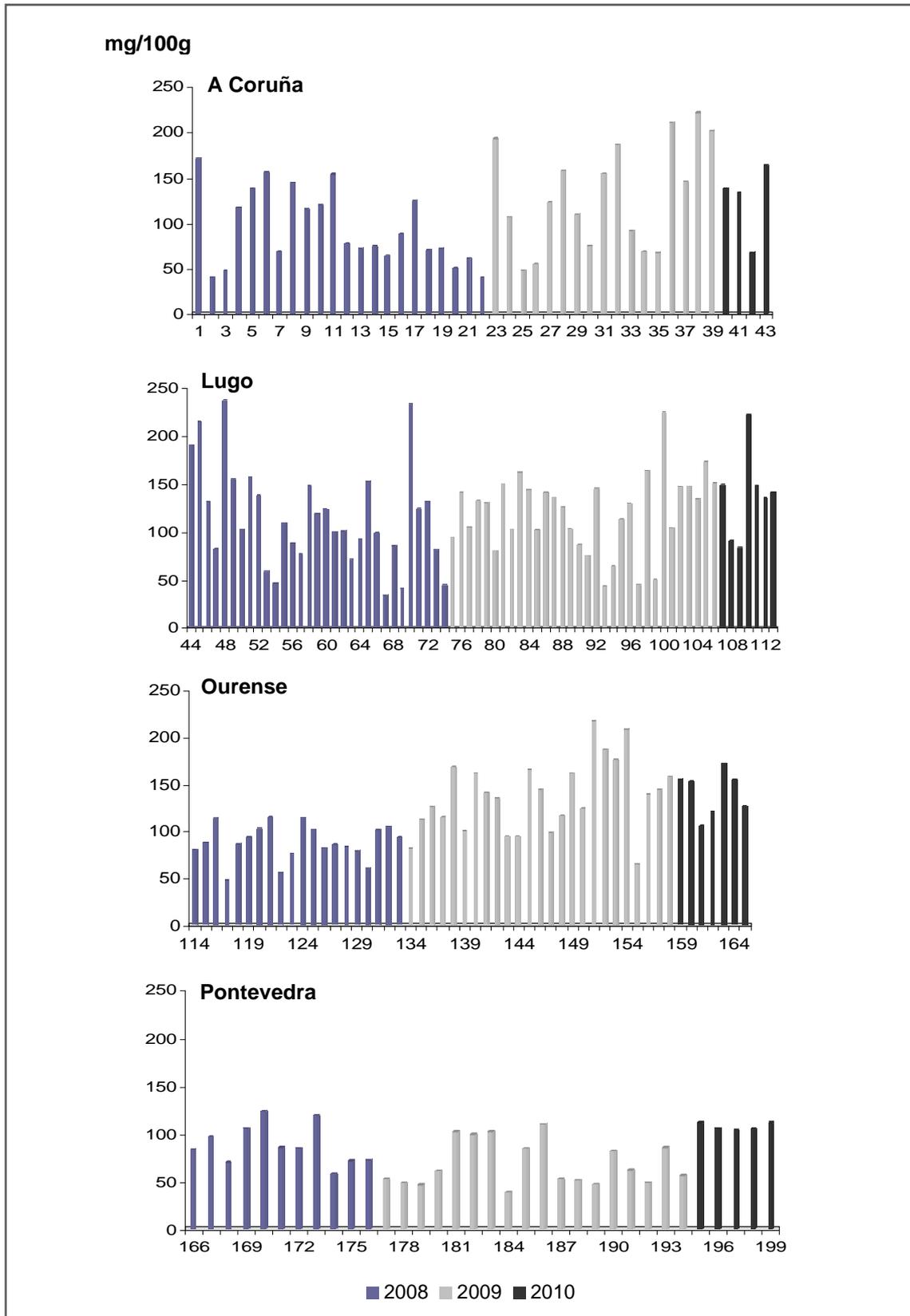


Figura 53. Contenido en polifenoles (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

La variabilidad mencionada se puede observar sobre todo en las muestras de A Coruña, Lugo y Ourense, mientras que las muestras de Pontevedra parecen ser más homogéneas en su contenido fenólico (Figura 53). Además las de Pontevedra destacan por el menor contenido medio, de 80.0 mg/100g, y esta concentración fue significativamente inferior a la obtenida para las mieles de las otras tres provincias ($p < 0.05$), con valores medios superiores a los 110 mg/100g (Tabla 66).

En cuanto al contenido en fenoles de las mieles por año de cosecha, se ha observado que las mieles del 2010 presentaron los valores más elevados (Figura 53), superando en la mayoría de los casos los 100 mg/100g. Además el contenido medio fue mayor (130.2 mg/100g) en las mieles del 2010 (Tabla 66), mientras que las mieles del 2008 presentaron el contenido medio más bajo (99.5 mg/100g), mostrando diferencias significativas con las mieles de los otros dos años ($p < 0.05$).

Tabla 67. Análisis descriptivo del contenido en polifenoles (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	93.7b	40.8	75.6	111.8	39.7	170.9
	2009	17	130.1a	58.2	100.2	160.0	48.0	221.2
	2010	4	125.4	41.0	60.2	190.6	67.2	163.2
Lugo	2008	31	115.2	53.3	95.6	134.7	33.9	237.0
	2009	32	120.2	40.2	105.7	134.7	43.6	224.4
	2010	7	138.5	45.6	96.3	180.7	83.7	221.9
Ourense	2008	20	88.2bc	18.9	79.4	97.1	47.7	114.5
	2009	25	137.2a	38.5	121.3	153.1	65.1	217.3
	2010	7	141.1a	23.8	119.1	163.1	105.7	172.3
Pontevedra	2008	11	87.7	20.8	73.7	101.7	57.8	122.8
	2009	18	67.8c	23.4	56.2	79.4	38.1	109.1
	2010	5	107.1b	3.8	102.4	111.8	103.3	111.4

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En las mieles de A Coruña el contenido medio de polifenoles fue mayor en la cosecha de 2009, siendo significativamente diferente con las del 2008 ($p < 0.05$), con valores de 130.1 mg/100g y 93.7 mg/100g, respectivamente (Tabla 67).

Para las mieles de Lugo no se encontraron diferencias significativas en el contenido en polifenoles entre los diferentes años de cosecha. Aunque las muestras recogidas en el 2010, presentaron un valor medio más elevado (138.5 mg/100g) que en los años 2008 (115.2 mg/100g) y 2009 (120.2 mg/100g).

En el caso de las mieles ourensanas, el contenido en polifenoles de la cosecha del 2008 es significativamente inferior ($p < 0.05$) al de las otras dos cosechas (88.2 mg/100g frente a 137.2 mg/100g y 141.1 mg/100g).

Finalmente, para las mieles de la provincia de Pontevedra también se han detectado concentraciones de polifenoles significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre las mieles del 2010 (107.1 mg/100g) y del 2009 (67.8 mg/100g), siendo estas últimas las de menor contenido.

4.2. FLAVONOIDES

En las mieles de Galicia analizadas se han encontrado concentraciones de flavonoides de hasta 14.3 mg/100g, con un valor medio total de 6.0 mg/100g (Tabla 68). El intervalo de confianza para la media al 95% estuvo comprendido entre 5.7 y 6.4 mg/100g. El valor más bajo fue de 1.3 mg/100g en una miel de A Coruña del 2008.

Tabla 68. Análisis descriptivo del contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de Galicia.

	Flavonoides (mg/100g)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	4.7c	1.4	4.3	5.1	1.3	7.9
	Lugo	70	6.1c	2.3	5.6	6.7	1.7	11.5
	Ourense	52	7.8abd	2.4	7.1	8.5	2.6	14.3
	Pontevedra	34	4.8c	1.4	4.3	5.3	2.1	7.7
Año	2008	84	5.1bc	1.8	4.7	5.4	1.3	11.4
	2009	92	6.5a	2.5	6.0	7.1	2.1	14.3
	2010	23	7.5a	2.1	6.6	8.4	3.9	11.2
	TOTAL	199	6.0	2.4	5.7	6.4	1.3	14.3

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Analizando el contenido en flavonoides por provincias (Tabla 68), las muestras de Ourense son las que presentan un contenido medio mayor (7.8 mg/100g), evidenciándose además diferencias significativas con el contenido medio de las mieles de las otras tres provincias ($p < 0.05$).

Entre estas mieles ourensanas se encontraron contenidos en flavonoides de hasta 14.3 mg/100g. Le siguen en concentración media las de Lugo con 6.1 mg/100g, y las de A Coruña y Pontevedra, con contenidos de 4.7 mg/100g y 4.8 mg/100g, respectivamente. Las mieles de estas dos últimas provincias presentaron menores contenidos, y a su vez, mayor homogeneidad entre las muestras (Figura 54).

Una vez realizado el estudio del contenido medio de flavonoides, teniendo en cuenta el año de producción (Tabla 68), se ha observado que las mieles del 2008 fueron significativamente diferentes a las de los otros dos años ($p < 0.05$), por presentar el valor más bajo, de 5.1 mg/100g frente a 6.5 mg/100g en las mieles del 2009 y 7.5 mg/100g en las del 2010.

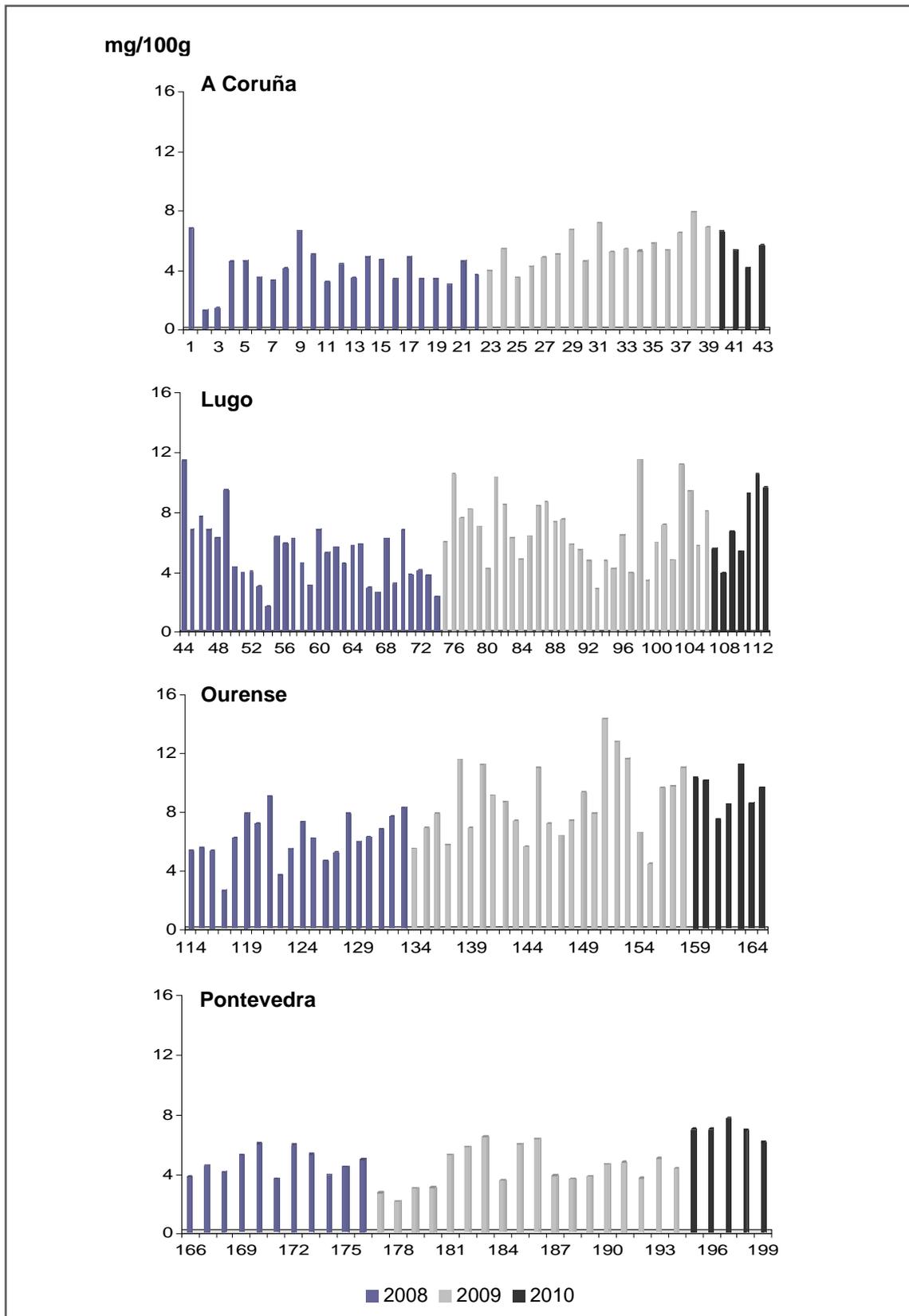


Figura 54. Contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 69. Análisis descriptivo del contenido en flavonoides totales (mg/100g) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	4.0b	1.3	3.4	4.6	1.3	6.7
	2009	17	5.5a	1.2	4.9	6.1	3.4	7.9
	2010	4	5.4	1.0	3.8	7.0	4.1	6.6
Lugo	2008	31	5.2bc	2.1	4.4	6.0	1.7	11.4
	2009	32	6.8a	2.3	6.0	7.6	2.9	11.5
	2010	7	7.3a	2.5	5.0	9.6	3.9	10.5
Ourense	2008	20	6.2bc	1.6	5.4	6.9	2.6	9.0
	2009	25	8.6a	2.5	7.6	9.7	4.4	14.3
	2010	7	9.4a	1.3	8.2	10.6	7.5	11.2
Pontevedra	2008	11	4.7c	0.8	4.1	5.2	3.6	6.0
	2009	18	4.3c	1.3	3.6	4.9	2.1	6.4
	2010	5	6.9ab	0.6	6.2	7.6	6.0	7.7

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Como puede observarse en la tabla 69, la concentración media en flavonoides en las mieles de A Coruña, Lugo y Ourense del 2008 es significativamente inferior a la del 2009 ($p < 0.05$). Además en las muestras de Lugo y Ourense también se encontraron diferencias significativas entre las del 2008 y 2010 ($p < 0.05$).

Para las mieles de Pontevedra, la cosecha de 2010 presentó valores significativamente más elevados en el contenido medio de este compuesto, que la del 2008 y la del 2009 ($p < 0.05$). Destacar que en todas las provincias, excepto en A Coruña, el contenido más elevado de flavonoides se cuantificó en las mieles del 2010.

4.3. ÍNDICE DE OXIDACIÓN

El tiempo de decoloración medio del permanganato de potasio fue de 11.1 s, con un valor mínimo de 3.0 s contabilizado en mieles de Ourense y Lugo del 2009 y un valor máximo de 46.0 s contabilizado en una miel de Lugo del 2008 (Tabla 70).

Tabla 70. Análisis descriptivo del índice de oxidación (s) de las mieles de Galicia.

	Índice de oxidación (s)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	14.6c	7.0	12.5	16.8	4.5	32.5
	Lugo	70	11.9c	7.9	10.0	13.8	3.0	46.0
	Ourense	52	6.7abd	3.0	5.9	7.5	3.0	18.0
	Pontevedra	34	12.0c	5.3	10.1	13.8	4.0	27.0
Año	2008	84	13.1bc	8.3	11.3	14.9	3.5	46.0
	2009	92	9.7a	5.6	8.5	10.8	3.0	27.0
	2010	23	9.7a	3.7	8.1	11.2	4.5	16.0
	TOTAL	199	11.1	6.9	10.2	12.1	3.0	46.0

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

En la figura 55 se observa la representación del valor medio del índice de oxidación determinado para cada muestra de miel. Las mieles ourensanas son las que han demostrado una mayor eficacia en la decoloración de la disolución de permanganato potásico con tiempos normalmente inferiores a 18 s. En las mieles de A Coruña el tiempo de oxidación varió entre 4.5 s y 32.5 s, en las de Lugo entre 3.0 s y 46.0 s y en las de Pontevedra entre 4.0 s y 27.0 s (Tabla 70).

En cuanto al índice de oxidación medio aportado por la mieles de Ourense se ha observado que presentan diferencias significativas con las mieles de las otras provincias ($p < 0.05$), con un valor de 6.7 s, frente a 14.6, 11.9 y 12.0 s en las mieles de A Coruña, Lugo y Pontevedra, respectivamente.

En general, las muestras del 2008 tuvieron un menor poder de decoloración de la disolución de permanganato de potasio (Figura 55). Analizando estadísticamente el resultado de este parámetro por cosechas, las muestras del 2009 y 2010 tuvieron el mismo tiempo de decoloración medio (9.7 s). Mientras que las muestras del año 2008 tuvieron un valor medio superior (13.1 s), mostrando diferencias significativas con las mieles del 2009 y 2010 ($p < 0.05$).

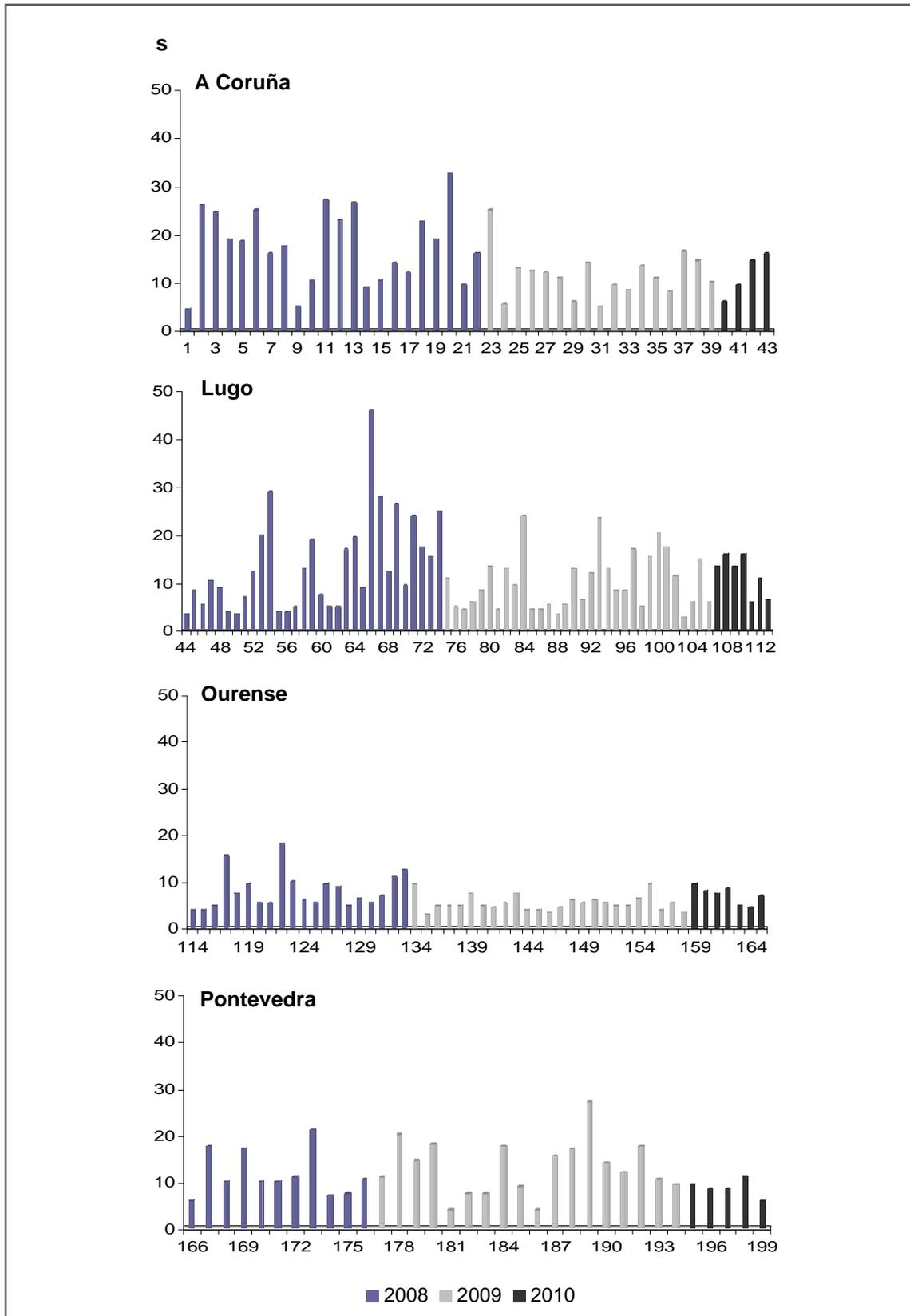


Figura 55. Índice de oxidación (s) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 71. Análisis descriptivo del índice de oxidación (s) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	17.6b	7.7	14.2	21.0	4.5	32.5
	2009	17	11.5a	4.8	9.0	14.0	5.0	25.0
	2010	4	11.5	4.6	4.2	18.8	6.0	16.0
Lugo	2008	31	13.7	10.0	10.1	17.4	3.5	46.0
	2009	32	10.2	5.9	8.0	12.3	3.0	24.0
	2010	7	11.8	4.2	7.9	15.6	6.0	16.0
Ourense	2008	20	8.1b	3.8	6.3	9.9	4.0	18.0
	2009	25	5.4a	1.7	4.7	6.1	3.0	9.5
	2010	7	7.1	1.8	5.5	8.8	4.5	9.5
Pontevedra	2008	11	11.6	4.8	8.4	14.8	6.0	21.0
	2009	18	13.1	5.9	10.2	16.1	4.0	27.0
	2010	5	8.7	1.8	6.4	11.0	6.0	11.0

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Estudiando el índice de oxidación de las mieles de cada provincia por año de cosecha se observó que en A Coruña, Lugo y Ourense el tiempo de decoloración más bajo corresponde a las mieles del 2009 (Tabla 71); existiendo diferencias significativas para este parámetro entre las muestras del 2008 y del 2009 en el caso de las muestras de A Coruña y Ourense ($p < 0.05$). Sin embargo, el tiempo de decoloración más bajo en las mieles de Pontevedra se encontró en las del 2010, pero las diferencias con los otros dos años no resultaron significativas.

4.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

4.4.1. ACTIVIDAD ANTIRRADICAL (RSA)

El porcentaje medio de RSA en las 199 muestras analizadas fue de 43.2%, con valores comprendidos en un rango entre 7.0% y 92.1% (Tabla 72). Este valor mínimo fue medido en una miel de A Coruña del 2009, y el valor máximo en una miel de Ourense del 2008. El intervalo de confianza para la media al 95% fue de 40.4 y 46.0%.

Tabla 72. Análisis descriptivo del RSA (%) de las mieles de Galicia.

	RSA (%)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	31.8bc	15.4	27.0	36.5	7.0	91.9
	Lugo	70	42.6acd	17.7	38.4	46.8	14.1	81.1
	Ourense	52	62.1abd	15.6	57.7	66.4	26.5	92.1
	Pontevedra	34	30.0bc	10.1	26.4	33.5	10.2	48.0
Año	2008	84	40.0	19.0	35.9	44.1	9.3	92.1
	2009	92	45.7	20.7	41.4	50.0	7.0	91.9
	2010	23	44.6	18.2	36.7	52.5	15.8	73.0
	TOTAL	199	43.2	19.8	40.4	46.0	7.0	92.1

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Las muestras de Lugo y Ourense presentan la mayor actividad antioxidante, sin embargo, el valor máximo se ha encontrado en una muestra de la provincia de A Coruña (Figura 56). En cuanto a las mieles de Pontevedra rara vez superan el 40% de actividad antioxidante.

Si analizamos al detalle, el porcentaje medio de inhibición de DPPH (% RSA) de las mieles de A Coruña, fue de 31.8%, y el rango varió entre 7.0% y 91.9% (Tabla 72). Para las mieles de Pontevedra el valor medio fue muy similar, de 30.0% y con un rango de valores de RSA más homogéneo, entre 10.2% y 48.0%.

Para las mieles lucenses el valor medio fue de 42.6%, con una gran variabilidad en los datos (Figura 56), desde un 14.1% de valor mínimo en una miel del 2008 y un 81.1% el valor máximo en una miel del 2009.

Finalmente, el valor medio para las mieles ourensanas fue de 62.1%, con un valor mínimo de 26.5% y un valor máximo de 92.1%, ambos en muestras del 2008 (Tabla 72).

Estadísticamente, se ha observado que el porcentaje de actividad antioxidante expresado en RSA de las mieles de Lugo y Ourense son significativamente diferentes entre ellos, y también lo son con los porcentajes medios de las mieles de las otras dos provincias ($p < 0.05$). Mientras que las mieles de A Coruña y Pontevedra son similares, como ya hemos comentado.

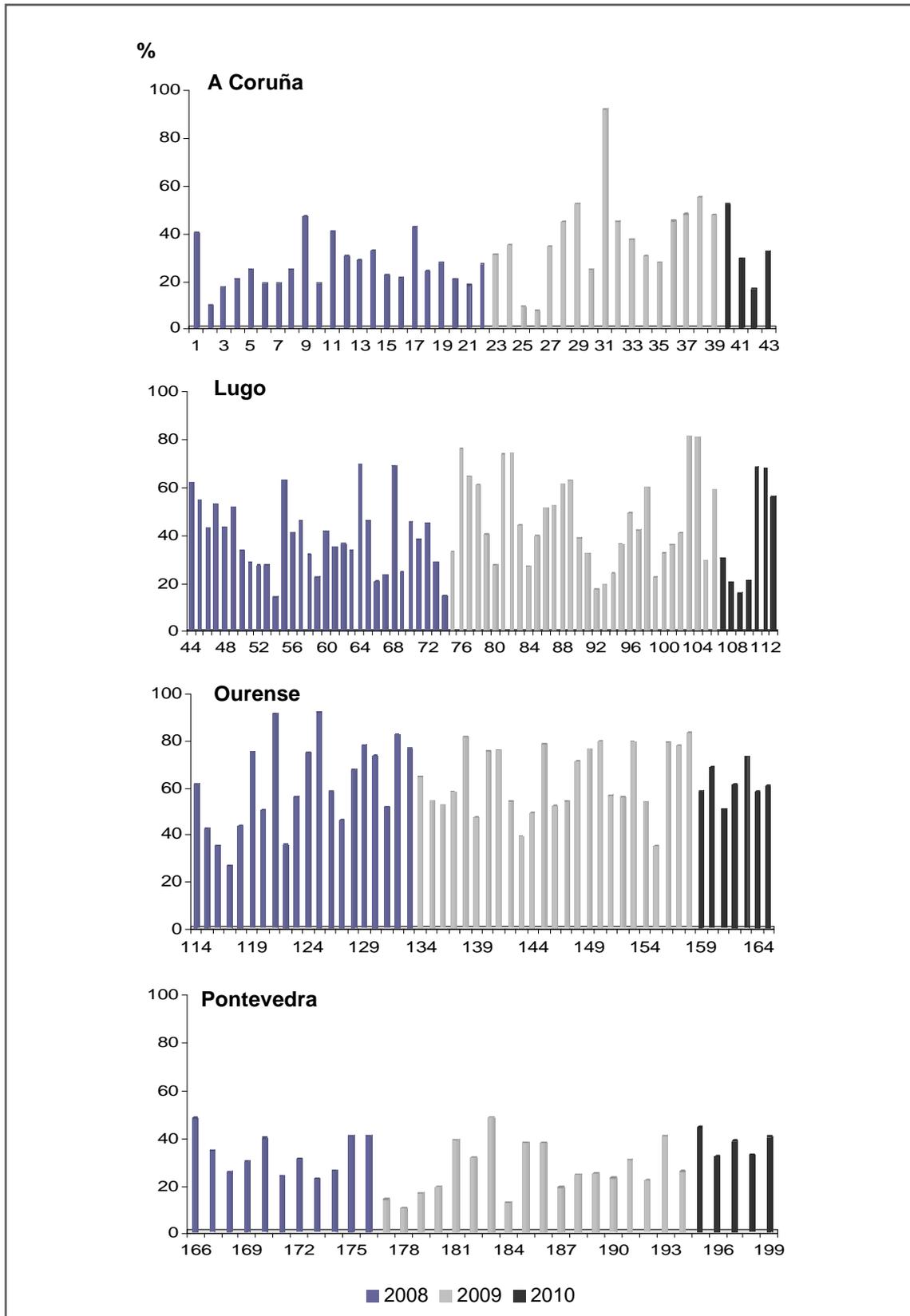


Figura 56. Actividad antioxidante (RSA) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 73. Análisis descriptivo de RSA (%) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	26.1b	9.4	21.9	30.2	9.3	46.7
	2009	17	39.0a	19.2	29.1	48.9	7.0	91.9
	2010	4	32.4	14.6	9.2	55.7	16.5	51.9
Lugo	2008	31	39.1	14.8	33.7	44.6	14.1	69.6
	2009	32	46.5	18.7	39.8	53.2	17.3	81.1
	2010	7	39.9	23.3	18.4	61.4	15.8	68.2
Ourense	2008	20	60.9	19.3	51.8	69.9	26.5	92.1
	2009	25	63.2	14.5	57.3	69.2	35.0	83.0
	2010	7	61.5	7.3	54.7	68.3	50.6	73.0
Pontevedra	2008	11	32.7	8.3	27.1	38.3	22.4	47.7
	2009	18	26.3	10.8	20.9	31.6	10.2	48.0
	2010	5	37.3	5.1	31.0	43.6	31.9	43.8

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Las muestras con mayor variabilidad en el porcentaje de RSA se recogieron en A Coruña (Figura 56). La cosecha del año 2009 tuvo un valor medio de 39.0%, superior con respecto al año 2008 (26.1%) y 2010 (32.4%). Solamente en esta provincia se han encontrado diferencias significativas entre las mieles de 2008 y 2009 ($p < 0.05$) (Tabla 73).

Las mieles de Lugo no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de RSA entre cosechas, siendo el valor medio de 39.1% en las muestras del 2008, 46.5% en las del 2009 y 42.6% en las del 2010.

Los valores medios de RSA en las mieles de Ourense en los tres años de cosecha fueron similares y próximos al 60%, y al igual que ocurre con las mieles de Pontevedra no se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes años. En el caso de las mieles de Pontevedra el valor medio más elevado se corresponde con las muestras del 2010.

4.4.2. ACTIVIDAD ANTIRRADICAL (IC₅₀)

En cuanto a la cantidad de miel necesaria para inhibir la mitad del DPPH de la disolución, expresada como IC₅₀, tiene un rango de variación amplio, desde un valor mínimo de 4.1 mg/ml hasta un máximo de 70.1 mg/ml. Aunque, el valor medio es bajo, de 13.3 mg/ml (Tabla 74).

Tabla 74. Análisis descriptivo del IC₅₀ (mg/ml) de las mieles de Galicia.

	IC ₅₀ (mg/ml)	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
Provincia	A Coruña	43	19.4bc	13.7	15.2	23.6	4.1	70.1
	Lugo	70	12.6ac	6.8	11.0	14.3	4.4	35.6
	Ourense	52	7.7abd	2.9	6.9	8.5	4.3	19.2
	Pontevedra	34	15.8c	6.4	13.6	18.1	8.4	36.2
Año	2008	84	15.4b	8.8	13.4	17.3	4.8	63.2
	2009	92	12.0a	9.7	10.0	14.0	4.1	70.1
	2010	23	11.5	5.8	9.0	14.0	5.3	26.3
	TOTAL	199	13.4	9.1	12.1	14.6	4.1	70.1

Las letras muestran diferencias significativas entre las provincias o año de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: A Coruña; b: Lugo; c: Ourense; d: Pontevedra; o bien en el caso de las diferencias por año de cosecha, a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Las mieles de A Coruña mostraron la mayor variabilidad en los datos de IC₅₀, como se muestra en la figura 57. La concentración mínima y máxima de las 199 muestras se correspondieron con muestras de esta provincia, cosechadas en el año 2009. Las concentraciones obtenidas para las mieles de Lugo y Pontevedra presentan valores similares, normalmente por debajo de 20 mg/ml aunque algunas muestras superan los 40 mg/ml (Figura 57). El IC₅₀ de las mieles ourensanas es notablemente inferior y siempre por debajo de 20 mg/ml.

Analizando el IC₅₀ medio de las mieles de cada provincia (Tabla 74) se puede observar que en las mieles de Ourense fue significativamente inferior (7.7 mg/ml) que en las demás ($p < 0.05$). Las mieles de A Coruña también presentaron diferencias significativas en el valor medio de IC₅₀ con las de Lugo ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores del IC₅₀ para las mieles de las otras tres cosechas (Tabla 74) se observó que el valor más elevado le corresponde a las muestras del 2008, cuyas diferencias con el IC₅₀ de las del 2009 resultaron significativas ($p < 0.05$).

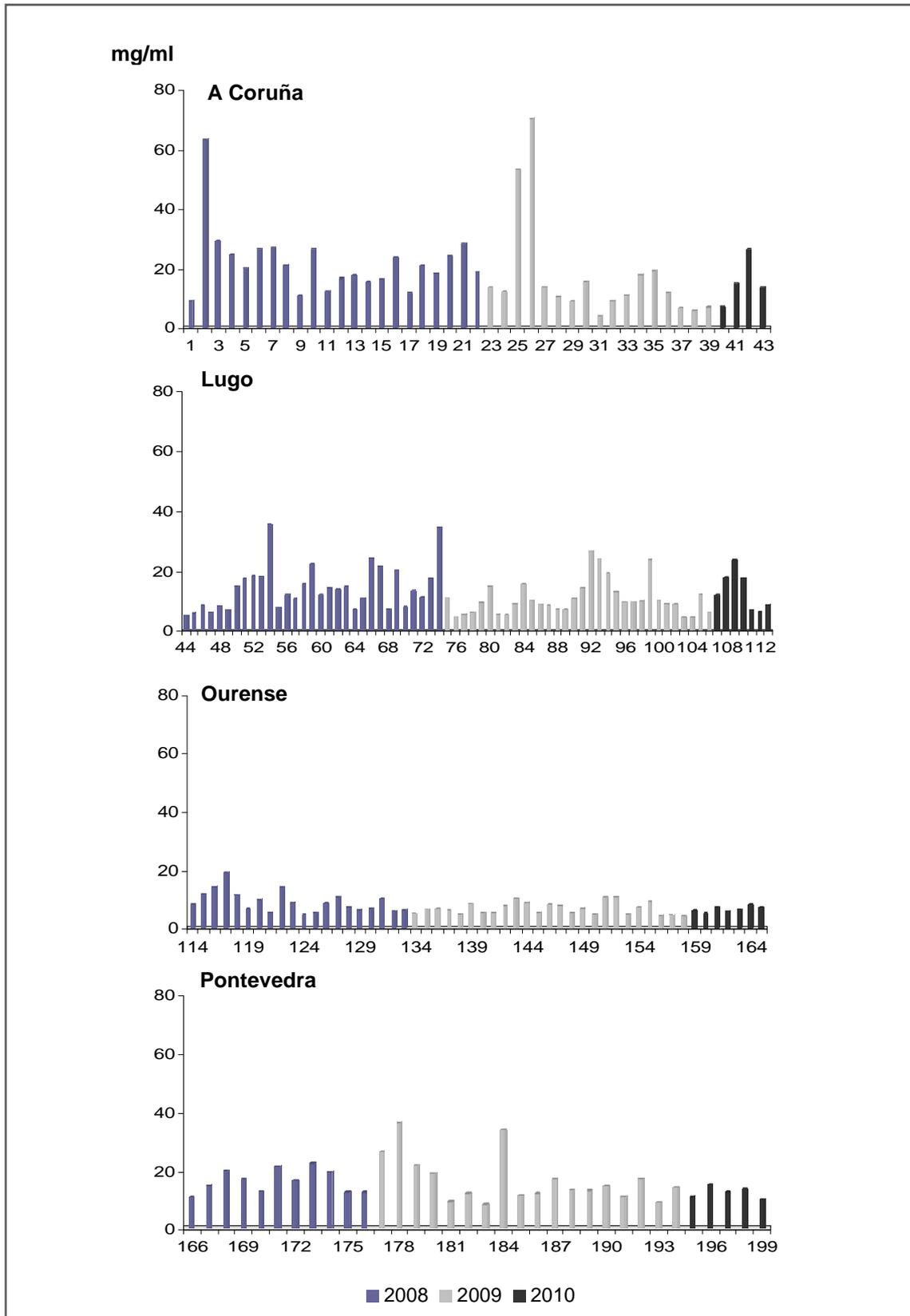


Figura 57. Actividad antioxidante (IC_{50}) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por muestra.

Tabla 75. Análisis descriptivo del IC₅₀ (mg/ml) de las mieles de A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra por cosecha.

Provincia	Año	N	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
					Límite inferior	Límite superior		
A Coruña	2008	22	21.9	10.9	17.1	26.8	9.1	63.2
	2009	17	17.1	17.5	8.1	26.1	4.1	70.1
	2010	4	15.5	8.0	2.7	28.2	7.1	26.3
Lugo	2008	31	14.4	7.6	11.6	17.2	5.3	35.6
	2009	32	10.8	5.7	8.7	12.8	4.4	26.6
	2010	7	13.3	6.6	7.2	19.4	6.3	23.7
Ourense	2008	20	9.2b	3.7	7.4	10.9	4.8	19.2
	2009	25	6.8a	2.0	6.0	7.7	4.3	10.8
	2010	7	6.7	1.0	5.8	7.6	5.3	8.2
Pontevedra	2008	11	16.2	4.0	13.6	18.9	10.8	22.3
	2009	18	16.5	8.1	12.5	20.6	8.4	36.2
	2010	5	12.4	2.0	9.9	14.9	10.0	15.0

Las letras muestran diferencias significativas entre los años de muestreo con $p < 0.05$ (test Bonferroni), siendo a: 2008; b: 2009; c: 2010.

Por último, el análisis realizado al IC₅₀ por provincia y por año de cosecha se resume en la tabla 75. Los valores medios de IC₅₀ de las cosechas obtenidas en A Coruña fueron similares: 21.9 mg/ml (mieles del 2008), 17.1 mg/ml (mieles del 2009) y 15.5 mg/ml (mieles del 2010). Al igual que los de Lugo (14.4 mg/ml, 10.8 mg/ml y 13.3 mg/ml) y Pontevedra (16.2 mg/ml, 16.5 mg/ml y 12.4 mg/ml). En ningún caso las diferencias fueron estadísticamente significativas. En las tres provincias el valor medio más elevado se correspondió a las mieles del 2008.

Sin embargo, para las mieles ourensanas se han encontrado diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las mieles del 2008 y 2009 con una concentración media de 9.2 mg/ml y 6.8 mg/ml, respectivamente.

DISCUSIÓN



Desde la antigüedad la miel es un alimento natural, consumido por la población. Actualmente tanto los consumidores como la propia industria demandan la caracterización de este producto, por lo que la diferenciación de los distintos tipos de miel resulta de gran interés desde el punto de vista comercial.

La caracterización de algunas mieles es bastante compleja, para ello es necesario distintos procedimientos analíticos. En este trabajo, se han utilizado los resultados de los análisis palinológico, físico-químico, nutricional y de los compuestos polifenólicos, con el objeto de optimizar la tipificación de las muestras.

1. CARACTERÍSTICAS PALINOLÓGICAS Y DIVERSIDAD FÚNGICA EN LA MIEL

Se sabe desde hace tiempo que el análisis palinológico nos permite conocer la procedencia botánica de las mieles. La interpretación del espectro polínico es una buena herramienta para su caracterización (Escuredo *et al.*, 2012a). Además el territorio gallego es bastante homogéneo en cuanto a la variabilidad de los tipos polínicos presentes en las mieles estudiadas, y muy diferente con respecto a las mieles producidas en el centro-sur de España. Se pueden encontrar mieles producidas en zonas del norte de la Península (sobre todo zonas limítrofes con Galicia), como es León y Asturias que presentan semejanzas en el espectro palinológico con el de las mieles gallegas (Luis-Villota & Gómez-Ferreras, 1989; Valencia-Barrera, 1991; Valencia-Barrera *et al.*, 1994; Valencia-Barrera *et al.*, 2000; Herrero *et al.*, 2002).

Una vez realizado el estudio de los espectros polínicos, los resultados obtenidos muestran que los pólenes dominantes en nuestra comunidad son: *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus*, y de forma excepcional se pueden encontrar *Erica* y tipo *Cytisus*. Teniendo en cuenta que se trata de especies nectaríferas, son importantes para establecer la clasificación de las muestras analizadas según su origen botánico. En el caso de *C. sativa* y *Eucalyptus*, se han encontrado porcentajes por encima del 70% en 35 y 17 muestras, respectivamente. Un total de 42 muestras fueron contabilizadas con porcentajes en *Rubus* superiores al 45%, y la suma de las especies de *Erica* ha superado el 45% en tan solo una muestra producida en Foz (Lugo). Lo mismo ocurrió para el tipo *Cytisus* en una muestra de la zona de Muiños (Ourense).

Según el polen dominante en la miel, se pueden diferenciar claramente dos zonas en la comunidad de Galicia, la zona del interior y la zona costera. De esta forma, *C. sativa* y *Rubus* predominan en mieles del interior, sobretudo de la provincia de Ourense y Lugo, mientras que el polen *Eucalyptus* es más frecuente

en mieles de la costa de A Coruña, Lugo y principalmente Pontevedra. Entre ambas zonas existe una franja de transición, en la que se encuentran mieles que presentan características mixtas. En esta zona se producen mayoritariamente mieles milflores con proporciones equilibradas de las especies *C. sativa* y *Eucalyptus globulus*. La producción de mieles monoflorales de estas dos especies depende de que las condiciones meteorológicas sean favorables durante su floración y así, el aprovechamiento por parte de las abejas sea óptimo.

Rubus es el otro polen dominante en los espectros polínicos de las mieles gallegas, es frecuente encontrarlo en porcentajes elevadas en las mieles de centro-sur de la provincia de Ourense (Allariz, Ourense, Terra de Celanova, Terra de Trives, Viana) y en Lugo (Os Ancares, Terra de Lemos, Lugo, Quiroga). La planta crece sobre terrenos abandonados, en bordes de caminos y en la proximidad de lugares habitados en donde se instalan los colmenares, debido a ello, hay una tendencia creciente de este tipo polínico en la miel a lo largo de los últimos años (Jato *et al.*, 1995; Seijo *et al.*, 1997; Seijo *et al.*, 2001). Galicia se considera la principal productora de mieles de *Rubus* de España (Escuredo *et al.*, 2011), y apenas existen trabajos sobre el estudio palinológico de estas mieles de otras procedencias geográficas. Dentro del género *Rubus*, la especie *R. ulmifolius*, es la que aparece con más frecuencia en la Península Ibérica, sobretodo en la zona norte y oeste (Weber, 1990).

A pesar de la abundancia de los brezales en Galicia y su potencial apícola, la representación de *Erica* en la miel se puede considerar baja, ya que en valor medio no supera el 7%. Las principales zonas de producción de las mieles de brezo en Galicia se corresponden con las comarcas de la Mariña Central en Lugo y Betanzos en A Coruña. Mientras que en el resto de España, se corresponden con el norte, siendo las mieles asturianas y cantábricas las más similares. Otra especie perteneciente a la familia Ericaceae es *Calluna vulgaris*, es muy abundante en Galicia, pero su floración tardía no le permite ser aprovechada por los apicultores. Sin embargo, se producen mieles de este tipo en las provincias de Soria y La Rioja (Serra-Bonvehí & Granados-Tarrés, 1993). También se han estudiado mieles de este origen botánico procedentes de Estonia (Rebane & Herodes, 2008) y Polonia (Was *et al.*, 2011).

En el caso del tipo *Cytisus*, es raro encontrarlo en nuestra comunidad como polen dominante, aunque su frecuencia en las mieles es significativo, y está presente en más del 95% de las mieles muestreadas, como polen importante o acompañante. Los tipos que suelen acompañar a este género son principalmente *Eucalyptus*, el género *Erica*, *C. sativa* y *Rubus*, y ocasionalmente *Plantago*, tipo *Trifolium*, *C. psilosepalus*, *L. stoechas*, tipo *Brassica*, *Sesamoides*, *F. alnus* y tipo *Scrophularia*.

Otros tipos polínicos que destacan en las mieles según su procedencia geográfica son *Salix* y *Quercus*, frecuentes en mieles de *Eucalyptus* del sector galaico portugués de las comarcas lucenses de A Mariña Central, Terra de Lemos y Quiroga, en comarcas de la costa de Pontevedra como O Morrazo, O Salnés y Vigo. También destacan algunas plantas herbáceas como tipo *Trifolium* en mieles de las comarcas lucenses y coruñesas (Arzúa y Lugo) y *Echium* encontrándose los porcentajes más importantes en mieles procedentes de Verín, Ferrol y Lugo. En la parte sur y este de la comunidad la influencia del clima Mediterráneo es clara, de ahí la presencia de taxones como *Lavandula stoechas* y *Cistus ladanifer* en las mieles estudiadas.

Las relaciones entre los tipos polínicos presentes en los espectros polínicos de la miel concuerdan con las relaciones existentes entre las plantas de interés apícola en Galicia y su periodo de floración. Así, la miel de eucalipto se produce en la etapa de primavera y en estas son frecuentes las plantas de floración primaveral como *Salix*, diversas umbelíferas, *Quercus*, pólenes de árboles frutales de la familia Rosaceae, crucíferas, etc. Sin embargo, la miel de castaño y la de zarza se producen en la estación de verano.

Con respecto a la riqueza polínica de las mieles estudiadas, podemos decir que su contenido en general es medio, a pesar de que el polen predominante procede de especies fuertemente hiperrepresentadas, como son *C. sativa* y *Eucalyptus*. La mayoría de las muestras se encuadran en la clase II y III de la clasificación de Maurizio (Maurizio, 1939). Este bajo contenido en polen está relacionado con el tipo de colmena utilizada por el apicultor y con el tipo de extracción de la miel (centrifugado) (Seijo, 1994).

Se ha realizado un análisis de correlación de Spearman con los tipos polínicos predominantes en las mieles de Galicia para ver las relaciones significativas que existen entre ellos. Se ha tenido en cuenta el grado de significación con $p < 0.01$ (color rojo), $p < 0.05$ (color azul) y $p < 0.1$ (color verde) y los resultados se resumen en la tabla 76.

Las correlaciones significativamente más elevadas, se han obtenido con el polen *Eucalyptus* que presentó el coeficiente de correlación positivo más elevado y significativo con el tipo polínico *Salix* y el tipo *Conium maculatum* ($p < 0.01$), le sigue en valor positivo y significación *Quercus* ($p < 0.05$). Este hecho puede ser debido a que la floración de *Quercus robur* en la costa coincide con las etapas finales de la producción de miel de eucalipto, por este motivo el polen de *Quercus* aparece con frecuencia en las mieles de eucalipto. Sin embargo, con *C. sativa* y *Rubus* mostró coeficientes significativos importantes ($p < 0.01$) pero negativos. El polen *C. sativa* también presentó coeficientes con signo negativo y altamente significativos con *Quercus*, tipo *Cytisus*, *Salix* y tipo *Conium maculatum*

($p < 0.01$). El tercer polen dominante en las mieles gallegas, *Rubus*, mostró coeficientes de correlación negativos y significativos con *Salix* ($p < 0.01$), *Erica*, *Quercus* y tipo *Conium maculatum* ($p < 0.05$). Por otro lado, el género *Erica* presentó un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo con el tipo *Cytisus* ($p < 0.01$), pero significativo y con signo negativo con *Rubus* ($p < 0.05$).

Tabla 76 Análisis de correlación de Spearman entre las variables palinológicas más importantes, *Metschnikowia* y HD.

Variabales	Grano polen/g	<i>Erica</i>	<i>C. sativa</i>	<i>Quercus</i>	<i>T. Cytisus</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Rubus</i>	<i>Salix</i>
Grano polen/g	1.000							
<i>Erica</i>	-0.348***	1.000						
<i>C. sativa</i>	0.326***	-0.023	1.000					
<i>Quercus</i>	-0.210***	0.119*	-0.337***	1.000				
<i>T. Cytisus</i>	-0.123*	0.355***	-0.269***	0.141**	1.000			
<i>Eucalyptus</i>	-0.257***	-0.094	-0.419***	0.166**	-0.024	1.000		
<i>Rubus</i>	0.155**	-0.164**	-0.067	-0.147**	0.032	-0.531***	1.000	
<i>Salix</i>	-0.204***	0.005	-0.422***	0.332***	0.233***	0.468***	-0.282***	1.000
<i>T. Conium maculatum</i>	-0.113	-0.003	-0.206***	0.065	-0.061	0.288***	-0.164**	0.305***
<i>Metschnikowia</i>	-0.037	-0.355***	-0.201***	-0.007	-0.211***	0.240***	0.182**	-0.062
HD	0.033	-0.092	-0.023	-0.03	-0.012	-0.251***	0.256***	-0.012

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

La miel puede proceder del néctar de las plantas, o bien de secreciones de partes vivas de las mismas o de las excreciones de los insectos depositadas sobre diferentes partes de los vegetales (mielato) recolectados y transformados por las abejas, o bien ser mezcla de ambos. La presencia de elementos de mielada es de gran interés a la hora de la clasificación de las mieles. Dimou *et al.* (2006) usó el contenido fúngico para discriminar entre mieles de mielada y mieles de néctar de Grecia. En este estudio se identificaron entre otros, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Stemphylium* y royas (Urediniosporas). Estos elementos fúngicos también fueron encontrados en las mieles gallegas, y del mismo modo algunos de ellos pueden ser utilizados para determinar el origen de la miel.

Algunos de los elementos fúngicos identificados en la miel pueden proceder de contaminaciones secundarias producidas de forma accidental, sin ninguna relación con el origen de la miel, este es el caso de *Cladosporium* y *Aspergillus/Penicillium*. Estos dos géneros están presentes en concentraciones importantes en el aire de ambientes exteriores e interiores como lo demuestran diferentes estudios aerobiológicos (Méndez *et al.*, 1997; Fernández-González *et al.*, 1998; Ren *et al.*, 1999; Archana & Aarti, 2004; Sabariego *et al.*, 2004; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2005; Sen & Asan, 2009; Iglesias *et al.*, 2011). Una mención

diferente merecen las esporas que proceden de hongos patógenos de vegetales, ya que su presencia en la miel puede ser debida a la acción de las abejas sobre las plantas. Por ello, el contenido en esporas de hongos patógenos de plantas como *Leptosphaeria*, *Alternaria*, *Stemphylium*, Urediniosporas y *Helminthosporium* se ha sumado y se le ha denominado HD. Estas estructuras fúngicas fueron más frecuentes en mieles del interior (Lugo y Ourense), especialmente *Leptosphaeria* y *Stemphylium*. La variable HD será utilizada en el análisis multivariante y se revelará su utilidad para diferenciar las mieles de mielada.

En el análisis de correlación de Spearman realizado con los tipos polínicos más importantes encontrados en las mieles gallegas observamos que el grupo de elementos fúngicos de patógenos vegetales (HD) tienen una correlación significativa con signo positivo con *Rubus* ($p < 0.01$) y con signo negativo con *Eucalyptus* ($p < 0.01$) (Tabla 76). El resto de tipos polínicos no presentaron coeficientes de correlación significativos con estos elementos.

Del mismo modo, la presencia de levaduras asociadas al néctar de las flores (Seijo *et al.*, 2011) fue importante en las mieles gallegas. Estas estructuras tienen su hábitat en el néctar y utilizan sus azúcares como fuente de alimentación (Canto *et al.*, 2008; Herrera *et al.*, 2008; De Vega *et al.*, 2009). Estos son Ascomycetes, especialmente *Metschnikowia*, *Candida*, *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Starmerella* y Basidiomycetes como *Cryptococcus* y *Cystofilobasidium* (Giménez-Jurado, 1992; Brysch-Herzberg, 2004; Herrera *et al.*, 2009). En este estudio mediante el análisis microscópico tan solo fue identificada la levadura *Metschnikowia*, ya que presenta una morfología especial de fácil diferenciación. Se han encontrado diferencias significativas entre el contenido de estas estructuras y las muestras con diferente origen geográfico. De este modo, la levadura *Metschnikowia* predomina en las mieles de la costa, y sobre todo en mieles con elevado contenido en *Eucalyptus*. Este hecho se refleja en el coeficiente de correlación positivo y altamente significativo de la levadura con este polen ($p < 0.01$) (Tabla 76). También se ha podido constatar su elevada relación con *Rubus* ($p < 0.05$). Sin embargo, con el tipo *Cytisus*, *C. sativa* y las especies de *Erica* ocurre todo lo contrario, la correlación fue significativa ($p < 0.01$) pero negativa.

Algunos autores sugieren que el análisis microscópico del sedimento de las mieles es esencial para la identificación de al menos mieles florales (Mateo & Bosch-Reig, 1998). En este sentido, la interpretación de los datos de este análisis microscópico proporciona una herramienta imprescindible para la determinación del origen botánico de las muestras, y por ello, lo expuesto anteriormente permitirá junto al análisis multivariante la clasificación de las muestras de miel estudiadas.

2. CALIDAD DE LA MIEL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

La miel comercializada debe de cumplir la Norma de calidad relativa a la miel (BOE nº186 del 5 de agosto del 2003). La calidad influye en otros parámetros como la composición, el color, la presentación y por lo tanto en las características sensoriales. Por ello, las muestras que se utilicen para la caracterización deben de ser evaluadas previamente en cuanto a su calidad.

A la vista de los resultados obtenidos, se puede confirmar la buena calidad de cada una de las mieles analizadas en este estudio. El primer parámetro que debe de ser evaluado es la humedad. La miel es un producto muy higroscópico, y su contenido puede sufrir variaciones durante el almacenamiento, provocando un aumento de la cantidad de agua en las capas superiores (White, 1975; Zandamela, 2008). Además, el contenido en humedad en las mieles está relacionado con el origen botánico, la procedencia geográfica, las condiciones climáticas y edáficas, la estación del año, la humedad del néctar y el grado de maduración de la colmena. Se trata de un parámetro que condiciona la cristalización, como ya hemos comentado, e indirectamente la fermentación de la miel por parte de las levaduras (Bogdanov *et al.*, 1999). Una humedad superior al 20% supone pérdidas en la calidad sensorial de las mieles y cambios importantes en la densidad y viscosidad del producto según la Norma de calidad. El porcentaje de humedad tan solo superó el 20% en dos de las muestras estudiadas de la cosecha del 2008. La miel tiende a captar humedad con facilidad (White, 1975), por lo que la exposición en ambientes húmedos, o su extracción a partir de panales no operculados puede ser el responsable de este elevado contenido de humedad. Es importante destacar, que la humedad condiciona otros parámetros como son el color, la palatabilidad, el sabor, el peso específico, la solubilidad y, por tanto, el valor comercial de la miel (Crane, 1975), además de su relación con la concentración de algunos nutrientes predominantes en este alimento como son los azúcares.

La miel contiene cantidades importantes de sustancias de carácter ácido, y por ello, su intervalo de pH más común está comprendido entre 3.5 y 5.5 (Bogdanov *et al.*, 2004). Teniendo en cuenta que la miel es un alimento de origen vegetal transformado por las abejas, este parámetro refleja las características de la vegetación y del territorio. Acquarone *et al.* (2007), en mieles procedentes de varias regiones de Argentina, observaron que las variaciones de pH y conductividad eléctrica de las mieles dependían de las características del suelo de la región y utilizaron estos dos parámetros como marcadores geográficos de las mieles. Algo similar ocurre con las mieles estudiadas en esta *Tesis Doctoral*, que reflejan las características ácidas de los suelos de Galicia, con valores de pH considerablemente bajos (valor medio de 4.3). En algunos trabajos se ha utilizado este parámetro junto a otros parámetros fisicoquímicos, para

discriminar entre mieles de diferente origen geográfico y botánico. Así, Sanz *et al.* (2004) distinguieron en la provincia de Madrid mieles de *Echium* de otras mieles de néctar o mieles de mielada. Terrab *et al.* (2002) señaló la importancia del pH para la discriminación de mieles monoflorales del norte de África, concretamente mieles de eucalipto, *Citrus*, *Lythrum*, *Apiaceae* y de mielada. El pH y el contenido de humedad de la miel son de gran importancia durante su extracción y posterior almacenamiento de la miel porque influye en la textura, la estabilidad y la vida útil del producto. En un estudio realizado en mieles italianas por Cherchi *et al.* (1994) observaron que el pH disminuía con el tiempo, aunque según Krauze & Krauze (1991) y Jiménez *et al.* (1994) se puede considerar un parámetro muy estable durante el almacenamiento.

De los parámetros fisicoquímicos analizados, la conductividad eléctrica nos proporciona información útil para diferenciar mieles de distintos orígenes florales, presentando valores más elevados en mieles de mielada (Bogdanov *et al.*, 1999; Persano-Oddo & Piro, 2004). La miel de mielada y castaño generalmente presentan una conductividad mayor de 1 mS/cm, mientras que en el resto de mieles florales los valores suelen ser inferiores a 0.8 mS/cm (Fatorri, 2004). Aunque algunas mieles como son, mieles de *Arbutus*, *Tilia*, *Erica* o *Eucalyptus*, entre otras, así como sus mezclas, tienen una elevada variación en su conductividad eléctrica (Bogdanov *et al.*, 1999). Vorwohl (1964b) observó que mieles del mismo origen botánico presentan conductividades eléctricas muy semejantes a pesar de tener orígenes geográficos y condiciones climatológicas diferentes. Este parámetro depende del contenido en ácidos orgánicos, proteínas y algunos azúcares complejos, entre otros (Terrab *et al.*, 2003). Se conoce su estrecha relación con el contenido mineral, siendo utilizado junto a la conductividad eléctrica para discriminar mieles de diferentes orígenes florales (Terrab *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2009). En las mieles gallegas el rango de valores de este parámetro ha sido muy amplio, entre 0.22 y 1.26 mS/cm, superando el 0.80 mS/cm en el 28% de las muestras estudiadas. La conductividad eléctrica es un valor estable durante el almacenamiento (Krauze & Krauze, 1991) y además indica si las abejas han sido alimentadas artificialmente con azúcares (Vorwohl, 1964a,b). Las mieles de mielada y de castaño se caracterizan por tener los valores de conductividad eléctrica más elevados (Thrasylvoulou & Manikis, 1995; Diez *et al.*, 2004; Ruoff *et al.*, 2007).

La actividad diastásica y el contenido en HMF son parámetros que se utilizan sobre todo para la evaluación de la frescura de la miel. El HMF se genera en la miel debido fundamentalmente a la presencia de azúcares simples como la glucosa y fructosa y de algunas sustancias ácidas (Fallico *et al.*, 2004). El valor de diastasa es muy variable entre las mieles, la legislación vigente establece un valor mínimo de 8 en la escala de Gothe. Con valores más bajos se podría considerar que la miel ha sido calentada, a excepción de mieles que

presentan un bajo contenido enzimático a las que se le permite un mínimo de 3 ID, siempre y cuando el valor de HMF sea inferior a 15 mg/kg. El contenido en diastasas fue inferior a 8 ID en solo 7 muestras, que al mismo tiempo presentaron un contenido en HMF muy bajo, por debajo de 15 mg/kg. En el resto de las mieles el contenido en HMF se mantuvo en valores por debajo de los 40 mg/kg, y en la mayoría de las muestras con valores cercanos a cero. Por tanto, ambos parámetros indican un elevado grado de frescura de las mieles gallegas analizadas. Sin embargo, Vorlova & Celechovska (2002) en mieles de mielada, almacenadas en las mismas condiciones, encontró valores mayores de HMF que en mieles florales. También se debe de tener presente que las mieles provenientes de países tropicales generalmente poseen valores bajos de diastasas y mayor contenido de HMF.

Otra enzima cuantificada en las mieles gallegas ha sido la invertasa, que cataliza la reacción de transformación de la sacarosa del néctar en fructosa y glucosa (Bachmann, 2007), no obstante, en la Norma de calidad relativa a la miel (BOE nº186 del 5 de agosto del 2003) no está incluida como un criterio de calidad. Aunque, en la revisión realizada por la *International Honey Commission* por Bogdanov *et al.* (1999) se establece la actividad de la invertasa como un factor de calidad adicional a los estándares internacionales en el control de calidad de este producto. Al igual que la diastasa se utiliza como indicador de procesamiento y de frescura de la miel (Persano-Oddo *et al.*, 1990; Bogdanov *et al.*, 1999; Persano-Oddo *et al.*, 1999; Fatorri, 2004), ya que es sensible al sobrecalentamiento y almacenamiento prolongado. White *et al.* (1964) demostraron que la determinación de la actividad de la invertasa es preferible a la de diastasa, dado que pone de manifiesto mayor sensibilidad al calentamiento. Esta enzima se destruye gradualmente durante el almacenamiento de la miel a cualquier temperatura y por lo tanto actúa como indicador de un almacenamiento prolongado (Bachmann, 2007). En la mayoría de las mieles gallegas la actividad de la enzima invertasa ha superado el valor de 8 IN (192 mieles) y en todas ellas el valor de 4 IN. Aunque se observó una gran variabilidad en el rango de los datos, con un valor mínimo de 4.3 IN y un valor máximo de 35.9 IN, esto puede estar asociado al flujo diario de néctar de las plantas y a la concentración de sacarosa disponible (Fatorri, 2004).

Por otro lado, la apariencia de los alimentos es un factor que define su calidad y es la primera impresión que el consumidor recibe de los mismos. El color, como parte de la apariencia, tiene que estar dentro de un rango esperado para la aceptación del consumidor, y en nuestro territorio generalmente son las mieles oscuras las más apreciadas. El color, dependiente del origen de la miel y de su composición presentó una gran variabilidad en las mieles analizadas, desde un tono ámbar claro hasta un tono ámbar oscuro casi negro. Esto fue

debido fundamentalmente a la diversidad de las mieles muestreadas, procedentes de toda la comunidad gallega.

Varios autores han considerado la influencia de los granos de polen (su morfología y color) en el color de la miel (Terrab *et al.*, 2004a). Mientras que la intensidad del color en la miel se debe a pigmentos tales como carotenoides y flavonoides (Frankel *et al.*, 1998). De hecho, diversos trabajos relacionaron la dependencia del color con la riqueza en compuestos fenólicos, siendo las mieles oscuras las de mayor contenido (Estevinho *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009). Esto también se ha observado en mieles gallegas de *Rubus* que tienen un color más oscuro cuando tienen mayor contenido en fenoles (Escuredo *et al.*, 2012b). También se ha comprobado su intensa relación con los minerales, de este modo, las mieles oscuras tienden a tener mayor contenido mineral (Anklam, 1998; González-Miret *et al.*, 2005; Osman *et al.*, 2007; Vanhanen *et al.*, 2011). Es importante destacar este parámetro desde el punto de vista comercial, ya que según la tonalidad que presente la miel resulta más atractiva al consumidor. Bogdanov *et al.* (2004) reportaron que en Alemania, Suiza y Australia las mieles oscuras son las más apreciadas, y lo mismo ha ocurrido con mieles irlandesas (Murphy *et al.*, 2000).

Centrándose en las posibles relaciones existentes entre los parámetros fisicoquímicos analizados en estas muestras, en la tabla 77 se resumen los resultados obtenidos del análisis de correlación de Spearman.

Tabla 77. Análisis de correlación de Spearman entre las variables fisicoquímicas.

	Diastasa	Invertasa	HMF	pH	CE	Humedad	Color
Diastasa	1.000						
Invertasa	0.815***	1.000					
HMF	-0.109	-0.238***	1.000				
pH	0.474***	0.571***	-0.396	1.000			
CE	0.722***	0.697***	-0.189	0.553***	1.000		
Humedad	-0.061	-0.133*	0.196***	-0.219***	-0.110	1.000	
Color	0.343***	0.410***	-0.189***	0.440***	0.645***	0.053	1.000

***p<0.01; **p<0.05; *p<0.1. CE: conductividad eléctrica.

Con el análisis de correlación de Spearman se evidencia la estrecha relación del contenido enzimático con la conductividad eléctrica y el pH ($p<0.01$), obteniéndose los coeficientes más elevados. Por otro lado, el coeficiente de correlación también fue positivo y significativo entre el pH y la conductividad eléctrica ($p<0.01$). La humedad presentó correlaciones significativas con el pH ($p<0.01$) y el contenido en invertasa ($p<0.1$) pero con signo negativo y positivo con el HMF ($p<0.01$). Con respecto al color se

evidenciaron coeficientes de correlación significativos ($p < 0.01$) con todos los parámetros fisicoquímicos determinados, excepto con la humedad. Los coeficientes más elevados se obtuvieron para la conductividad eléctrica, el pH y el contenido enzimático ($p < 0.01$).

En función de las relaciones obtenidas parece que las mieles oscuras tienen un mayor contenido enzimático (diastasa e invertasa), mayor pH y conductividad eléctrica. En el caso de las mieles estudiadas se corresponden con las del interior de la comunidad autónoma. Por el contrario, las mieles más claras, con mayor contenido de *Eucalyptus* o *Rubus* presentan menor pH, conductividad eléctrica y contenido enzimático.

Además la relación negativa entre el pH y la humedad refuerza el hecho de que las mieles que se producen a final de verano (periodo de temperaturas más cálidas), con mielatos, son las de mayor pH.

El HMF presenta un coeficiente de correlación negativo y significativo con invertasa, por lo que este contenido enzimático en las mieles parece ser mejor indicador de la frescura de la miel.

3. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

El elevado contenido en azúcares de la miel hace que sea un importante alimento energético, ya que son los principales constituyentes, representando alrededor del 95% de la materia seca (Bogdanov *et al.*, 2004; Ruoff, 2006; Bogdanov *et al.*, 2008). La mayor parte de los azúcares simples no se encuentran en el néctar sino que se forman durante la maduración y almacenamiento de la miel (Crane, 1975; Semkiw *et al.*, 2009). Los diferentes tipos de miel suelen tener los mismos azúcares aunque en cantidades variables, estando su porcentaje relacionado con la flora y en menor medida, con el clima y el origen geográfico de este producto (Crane, 1975), ya que la fracción de carbohidratos viene determinada preferentemente por las plantas a partir de las cuales las abejas obtienen el néctar (Russo, 1992; Zandamela, 2008).

Uno de los criterios de calidad en la miel es el contenido de sacarosa, que debe ser inferior a 5 g/100g, con excepciones en algunas mieles monoflorales (espliego, acacia, etc) en las que se permite hasta 10 y 15 g/100g (BOE nº186 del 5 de agosto del 2003). Pero en el caso de las mieles gallegas, ninguna superó la concentración de 5 g/100g. Este criterio está relacionado con posibles fraudes, ya que, una alimentación inadecuada de las colmenas con jarabes de azúcar puede ser responsable de la adulteración del producto. El contenido en azúcares (suma de fructosa y glucosa) ha estado por encima de los 60 g/100g.

Con respecto al contenido medio en fructosa de las mieles gallegas estudiadas se han encontrado diferencias en función de su procedencia geográfica, sin embargo, el contenido en glucosa ha sido similar. La fructosa fue superior a la glucosa en todas las mieles, con valores medios de 38.3% y 27.4%, respectivamente. Son muy raras las mieles de flores con cantidades elevadas de glucosa, aunque hay algunas excepciones, como la miel de colza (*Brassica napus*) o miel de diente de león (*Leontodon autumnalis*) (White, 1975; Szczesna *et al.*, 2011). El resultado de las concentraciones medias obtenidos en las mieles gallegas analizadas en esta *Tesis Doctoral* ha sido muy semejante al que presentó García-Álvarez *et al.* (2000) en el análisis de fructosa y glucosa de 161 mieles de la comunidad de Galicia.

En la miel, los azúcares reductores, glucosa y fructosa son los mayoritarios, y son los responsables de la mayoría de las características físicas y nutricionales (Sato & Miyata, 2000). Además de estos azúcares se pueden encontrar oligosacáridos, siendo los disacáridos, los más abundantes en mieles florales, como sacarosa, maltosa, turanosa y erlosa. Sin embargo, las mieles de mielada contienen además importantes cantidades de trisacáridos como la melecitosa y rafinosa (Bogdanov *et al.*, 1999; Bogdanov *et al.*, 2008; Bogdanov, 2009) y son pobres en las hexosas glucosa y fructosa (Huidobro & Simal, 1984d;

Tzu Chang *et al.*, 1994). La cantidad relativa de los monosacáridos, glucosa y fructosa, se ha utilizado como una herramienta útil para la clasificación de mieles uniflorales, así como las relaciones fructosa/glucosa y el ratio glucosa/agua (Persano-Oddo & Piro, 2004; Bogdanov *et al.*, 2004). Estas relaciones también han sido utilizadas como indicadores de la velocidad de cristalización del producto (Gonnet *et al.*, 1986; Manikis & Thrasyvoulou, 2001; Bentabol *et al.*, 2011).

Los monosacáridos fructosa y glucosa han sido los más estudiados por tratarse de los carbohidratos mayoritarios en la miel. Si comparamos las concentraciones obtenidas en las mieles gallegas con otras mieles de diferentes regiones de la Península Ibérica, observamos que los valores son similares (Mateo & Bosch-Reig, 1997), aunque se han visto ligeras diferencias en el contenido de fructosa de mieles de Andalucía, las cuales presentaron valores inferiores (Serrano *et al.*, 2004), y también mieles de Madrid, que tuvieron un contenido en fructosa más bajo (Sanz *et al.*, 2004). Con respecto a mieles procedentes de otros países, como por ejemplo, mieles comercializadas en Portugal, mostraron concentraciones muy similares (Mendes *et al.*, 1998). Mieles producidas en Venezuela (De Rodríguez *et al.*, 2004) y en Italia (Esti *et al.*, 1997) reportaron contenidos mayores de ambos azúcares. Sin embargo, Devillers *et al.* (2004) estudió el contenido en azúcares de mieles francesas y los resultados muestran que la concentración de fructosa es semejante a la de las mieles gallegas, aunque la de glucosa fue considerablemente superior.

En cuanto a los azúcares minoritarios de la miel, algunos de ellos solo están presentes a nivel de trazas. Pero como se ha comentado, son de gran interés para la clasificación de las muestras, a pesar de su bajo contenido. En el caso de la sacarosa, se utiliza para detectar una mala manipulación de la miel. Altos contenidos pueden ser debidos a una maduración inadecuada o alimentación artificial de las abejas con jarabes de sacarosa durante un tiempo prolongado (Serra-Bonheví, 1989; Serra-Bonheví *et al.*, 1987). Además, dependiendo del tipo de miel, un contenido elevado puede indicar presencia de mielatos (Serra-Bonheví *et al.*, 1987; Bentabol *et al.*, 2011). De forma natural, la miel de mielada presenta un contenido más bajo de azúcares reductores y mayor en sacarosa y melecitosa (White, 1978; Crane, 1975). Aunque es importante señalar, que ciertas mieles monoflorales pueden superar los 5 g/100g de sacarosa, y está contemplado en normas nacionales e internacionales (Bogdanov *et al.*, 1999). Este es el caso de mieles de *Citrus* españolas (Serra & Ventura, 1995; Serrano *et al.*, 2004).

De los azúcares minoritarios identificados en las mieles gallegas analizadas, la maltosa ha sido la que ha presentado porcentajes más elevados, y no se han visto diferencias según su procedencia en la comunidad gallega. En

mieles monoflorales de la Península Ibérica analizadas por Mateo & Bosch-Reig (1997) se han obtenido concentraciones mayores, en este caso la cuantificación de este azúcar se ha realizado conjuntamente con la turanosa y nigerosa, debido a la dificultad de separar los picos. Concentraciones similares en maltosa se han encontrado en mieles de Lituania (Kaskonienè *et al.*, 2010). Todo lo contrario ocurre con mieles producidas en Portugal, en las cuales, la maltosa no fue detectada en la mayoría de las muestras, sin embargo, la trehalosa, presentó concentraciones semejantes a las mieles de Galicia (Mendes *et al.*, 1998). Terrab *et al.* (2001) en el análisis de los componentes azucarados de mieles monoflorales y milflores de Marruecos comprobó que, de los disacáridos identificados, la maltosa es el mayoritario y representa valores medios por encima de 4%, excepto en mieles de mielada, que el contenido ha sido menor. Por otro lado, la trehalosa ha sido encontrado en pocas mieles africanas y en concentraciones bajas, con valores similares a las mieles gallegas (Terrab *et al.*, 2001; Makhoulfi *et al.*, 2010).

Finalmente, el único trisacárido que se ha podido identificar en las mieles gallegas ha sido la melecitosa, y se ha encontrado en el 30% de las mieles analizadas. En mieles madrileñas se han cuantificado concentraciones más elevadas, con un máximo de hasta 2.6%, correspondientes a mieles de mielada (Sanz *et al.*, 2004). Este azúcar es raro encontrarlo en mieles de néctar, y si está presente, se encuentra en concentraciones muy bajas. Sin embargo, su presencia en mieles de mielada es común, por eso, algunos trabajos han utilizado este azúcar como indicador para su discriminación. La melecitosa e isomaltosa fueron los azúcares que mejor diferenciaron las mieles de mielada de Marruecos de otras uniflorales (Terrab *et al.*, 2001). Mieles de Croacia y Macedonia se diferenciaron especialmente con el perfil de azúcares (Primorac *et al.*, 2009). Marghitas *et al.* (2009) han cuantificado en alguna miel de Rumania concentraciones de melecitosa y también de trehalosa por encima de 2.5%, pero con la diferencia de que la melecitosa ha sido exclusivo de mieles de mielada, aunque también se han encontrado valores importantes de trehalosa en mieles florales. Con el tiempo, la composición en azúcares de la miel cambia, aumentando los disacáridos reductores y la sacarosa a costa del descenso de la fructosa y glucosa, varios estudios han comprobado este comportamiento (Serra-Bonheví *et al.*, 1987; Krauze & Krauze, 1991; Cherchi *et al.*, 1994; Jiménez *et al.*, 1994).

Otros componentes de la miel, considerados minoritarios por su baja concentración son los minerales. El contenido de estos compuestos varía ampliamente, y según varios investigadores dependen en particular del origen botánico (Fernández-Torres *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2005; Nozal-Nadal *et al.*, 2005). Otros investigadores afirman que las diferencias entre el contenido mineral de los diversos tipos de miel se deben sólo al origen geográfico (Latorre

et al., 1999). Sin embargo, se ha demostrado que un exceso o déficit de ciertos elementos químicos en los suelos, rocas o agua, se refleja en la composición mineral de las plantas y por lo tanto, en el néctar, polen o mielada (Anklam *et al.*, 1998; González-Paramás *et al.*, 2000). Incluso se han utilizado algunos metales pesados para evaluar la presencia de contaminantes ambientales (Przybyłowski & Wilczynska, 2001). La contaminación mineral debida a los equipos y recipientes utilizados en el procesamiento, también deben ser considerados, encontrando valores más altos de cromo en la miel de panal que en la miel envasada (Stoewsand *et al.*, 1979). Darmati *et al.* (1985) sugieren que aportaciones importantes de zinc en la miel puede ocurrir a través de equipos de acero galvanizado.

A pesar de su baja concentración en la miel, los minerales son de gran ayuda para la caracterización, por su asociación con algunos de los parámetros fisicoquímicos analizados que tienen relación con el origen de este producto (Fernández-Torres *et al.*, 2005; González-Miret *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2005; Lachman *et al.*, 2007; Madejczyk & Baralkiewicz, 2008). Recientemente, Bogdanov *et al.* (2007) en un estudio sobre la composición mineral de la miel, concluyeron que el contenido mineral en los diferentes tipos de miel se debe principalmente a la fuente botánica más que al origen geográfico y ambiental.

El contenido medio en minerales de las mieles gallegas ha sido importante (188.2 mg/100g), siendo el potasio el elemento dominante, representando más del 80% sobre este valor medio. Si comparamos con otras mieles españolas, este contenido medio es similar al aportado por Fernández-Torres *et al.* (2005). Sin embargo, se ha visto que mieles de la Isla de Gran Canaria (Hernández *et al.*, 2005) y mieles recogidas en la zona oeste de Castilla y León (González-Paramás *et al.*, 2000) tuvieron concentraciones considerablemente más bajas en este elemento. Con respecto a mieles de la República Checa, el contenido fue inferior a las mieles gallegas (Lachman *et al.*, 2007), lo mismo ocurrió con mieles del norte de la India (Nanda *et al.*, 2003), mieles de Israel (Dag *et al.*, 2006) y mieles de Turquía (Bagci *et al.*, 2007). Las concentraciones en potasio fueron similares a las mieles de la región de Luso en Portugal (Silva *et al.*, 2009), aunque con una gran variación como ha sucedido con estas mieles.

De los otros elementos minerales identificados, destacó el contenido de calcio, de fósforo y de magnesio en alguna muestra. Como ha ocurrido con el potasio, la variación ha sido significativa. Esto tiene relación con el origen botánico, como ya se ha visto en mieles de mielada de Polonia (Madejczyk & Baralkiewicz, 2008), las cuales presentaron los valores más elevados de minerales. Según Lachman *et al.* (2007) concentraciones de aluminio, boro, magnesio, manganeso, níquel y zinc fueron mayores en mieles de mielada que en mieles de néctar. Estos niveles elevados en mieles de mielada ya fueron

comentado por Crane (1975). El contenido mineral influye en el color (González-Miret *et al.*, 2005) y en el sabor de mieles, cuanto mayor sea la cantidad de minerales y el color más oscuro, más fuerte será su sabor (Sancho *et al.*, 1991).

Según Anklam (1998) las concentraciones de elementos traza en muestras de miel de áreas industriales fueron más altas, especialmente para los elementos cadmio, cobre, plomo y zinc. La determinación de los minerales y elementos traza en la miel podrían ser adecuados para la detección del origen geográfico, debido al hecho de que estos valores tienen relación con la contaminación ambiental.

La miel contiene concentraciones bajas de proteínas y de lípidos, pero dado que ambos nutrientes aportan energía, contribuyen al valor energético de este alimento, aunque en proporciones muy bajas. En algunas mieles estudiadas no se encontraron lípidos, y como máximo se observó un aporte de 0.1% del valor calórico (1 kcal/100g). Debido precisamente a su escasa presencia en las mieles, hay pocos trabajos en los que se determinen estos nutrientes.

El contenido proteico también se puede expresar como contenido en nitrógeno y, puede representar hasta el 65% del total de compuestos nitrogenados (White & Doner, 1980). En el caso de las proteínas de la miel, los compuestos más estudiados son tres enzimas, la diastasa (amilasa) que descompone el almidón o glucógeno en unidades más pequeñas de azúcares, la invertasa (α -glucosidasa) que descompone la sacarosa en fructosa y glucosa, y la glucosa oxidasa que produce peróxido de hidrógeno y ácido glucónico a partir de la glucosa (Bogdanov *et al.*, 2008).

White & Doner (1980) mencionan que algunas de las proteínas de la miel son originadas en la propia abeja y no en el néctar, sobre todo las enzimas. Posteriormente, varios investigadores afirmaron que las proteínas de este alimento natural varían según su origen botánico o geográfico (Anklam, 1998; Won *et al.*, 2008). Además, la relación del nitrógeno con el color se conoce desde hace tiempo, lo mismo que ocurre con los minerales, mieles oscuras tienden a tener un mayor contenido en minerales y en proteínas.

Uno de los primeros trabajos publicados, sobre la composición de la miel, y que todavía hoy se sigue utilizando de referencia fue realizado por White *et al.* (1962). En este trabajo se estudió la composición nutricional de 490 mieles americanas y, los resultados obtenidos para contenido de nitrógeno fueron similares al de las mieles gallegas. Sin embargo, la cuantificación de las proteínas totales en mieles de Brasil mostraron porcentajes más bajos (Marchini *et al.*, 2007; Sodré *et al.*, 2011).

Los carbohidratos, las proteínas y los lípidos son los nutrientes utilizados como sustrato para la producción de energía, siendo la glucosa la fuente preferible para esta producción. El aporte calórico generado por las proteínas en la miel, no superó el 1.5% en ninguna de las mieles gallegas analizadas, con un valor de 4.7 kcal/100g. En el caso de la miel, los hidratos de carbono son los principales nutrientes, y son la fuente principal de energía, superando el 85% sobre el total del aporte. El valor calórico que proporciona la miel es de 300 kcal/100g, aproximadamente. Estos resultados concuerdan con los publicados en las tablas de composición de alimentos de Moreiras *et al.* (2008), y también con los publicados en la base de datos de la USDA (2011). Son pocos los trabajos publicados que hacen referencia exclusiva a la composición nutricional de la miel, entre ellos están White (1975), Esti *et al.* (1997), The National Honey Board (2002), Bogdanov & Matzke (2003), Ball (2007) y Bogdanov *et al.* (2008), que presentan resultados que concuerdan con los obtenidos en este trabajo.

En la tabla 78 se muestran las correlaciones por rangos de Spearman entre las variables nutricionales. Se han diferenciado con distintos colores los coeficientes significativos, al 99% ($p < 0.01$) con color rojo, al 95% ($p < 0.05$) con color azul y al 90% ($p < 0.1$) con color verde. El resultado de este análisis muestra que la fructosa tiene los coeficientes más elevados y positivos con la glucosa ($p < 0.01$) y maltosa ($p < 0.01$), el sodio ($p < 0.01$) y el disacárido trehalosa ($p < 0.05$). Mientras que los coeficientes fueron significativos pero negativos con el contenido total de minerales analizados, el contenido proteico y la melecitosa ($p < 0.01$). A su vez, la glucosa mostró coeficientes significativos y positivos con los disacáridos maltosa y la trehalosa ($p < 0.01$) y el trisacárido melecitosa ($p < 0.05$), mientras que coeficientes resultaron negativos y significativos ($p < 0.01$) con la sacarosa, las proteínas, el sumatorio de los minerales, y algunos minerales como el potasio, calcio, hierro y cobre. Con la sacarosa también fue destacable el coeficiente de correlación positivo con el hierro y los lípidos ($p < 0.01$), y el signo negativo con el contenido mineral total, el potasio, la maltosa y la trehalosa ($p < 0.01$).

En cuanto a los minerales, destacar que el contenido total de minerales identificados mostró el coeficiente más elevado y positivo con el contenido en proteínas ($p < 0.01$), y negativo con la mayoría de los carbohidratos cuantificados ($p < 0.01$). Como se ha comentado, la relación más estrecha de las proteínas es con el contenido mineral total, mientras que los lípidos, a pesar de su bajo contenido mostraron coeficientes significativos y positivos con la sacarosa ($p < 0.01$) y las proteínas ($p < 0.1$), mientras que resultaron negativos con la maltosa y trehalosa ($p < 0.01$).

Tabla 78. Análisis de correlación de Spearman entre las variables nutricionales.

Variables	Gluc.	Sac.	Mal.	Tre.	Mel.	K	Ca	Fe	Mg	Na	P	Zn	Cu	∑ Mineral	Proteínas	Lípidos
Fruc.	0.296***	-0.056	0.364***	0.142**	-0.311***	-0.285***	-0.116	-0.009	-0.402***	0.517***	-0.369***	-0.102	-0.051	-0.270***	-0.240***	-0.079
Gluc.	1.000	-0.214***	0.387***	0.360***	0.242**	-0.249***	-0.244***	-0.329***	0.064	-0.158**	-0.053	-0.132*	-0.301***	-0.260***	-0.268***	-0.013
Sac.		1.000	-0.335***	-0.615***	-0.057	-0.217***	-0.003	0.278***	-0.075	0.094	-0.123	-0.148*	-0.014	-0.202***	0.046	0.242***
Mal.			1.000	0.702***	0.269***	-0.306***	-0.094	-0.087	-0.181**	0.048	-0.149	-0.010	-0.150**	-0.300***	-0.549***	-0.192***
Tre.				1.000	0.310***	-0.057	-0.120*	-0.216***	0.060	-0.201***	0.090	0.119*	-0.120*	-0.077	-0.344***	-0.256***
Mel.					1.000	0.143*	0.094	0.320***	0.249***	-0.344***	0.331***	0.210**	-0.247***	0.125*	-0.046	-0.134
K						1.000	0.538***	-0.004	0.645***	-0.243***	0.734***	0.024	0.296***	0.990***	0.732***	0.064
Ca							1.000	0.283***	0.339***	0.011	0.350***	0.027	-0.017	0.606***	0.415***	0.026
Fe								1.000	-0.175**	0.387***	-0.074	0.243***	0.141**	0.050	0.007	0.051
Mg									1.000	-0.733***	0.865***	0.105	0.073	0.660***	0.498***	0.116
Na										1.000	-0.578***	-0.054	0.066	-0.224***	-0.101	-0.060
∑ Mineral														1.000	0.738***	0.071
Proteínas															1.000	0.123*

***p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

Fruct.: fructosa; Gluc.: glucosa; Sac.: sacarosa; Mal.: maltosa; Tre.: trehalosa; Mel.: melicitosa; ∑ Mineral: sumatorio de minerales identificados.

4. COMPUESTOS SALUDABLES DE LA MIEL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La miel es considerada una fuente importante de antioxidantes naturales (Al-Mamary *et al.*, 2002; Aljadi & Kamaruddin, 2004; Küçük *et al.*, 2007; Hussein *et al.*, 2011) y se ha demostrado que reduce el riesgo de ciertas enfermedades como cataratas, procesos inflamatorios, enfermedades cardíacas o cáncer debido a la presencia de estos compuestos (Bogdanov *et al.*, 2008). Además existe una demanda creciente por parte de los consumidores de productos naturales, por los posibles efectos negativos de los aditivos alimentarios (Baltrusaityte *et al.*, 2007).

Los componentes de la miel responsables de sus efectos antioxidantes, al igual que en frutas y hortalizas, son entre otros, los compuestos fenólicos. Constituyen un grupo importante por su relación con las propiedades funcionales de la miel (Baltrusaityte *et al.*, 2007; Pichichero *et al.*, 2009), y son reconocidos por su alto interés científico y terapéutico (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010; Escuredo *et al.*, 2012b). Las plantas y los alimentos contienen una gran variedad de derivados polifenólicos con una gran diversidad y complejidad de estructuras químicas (Truchado, 2010). La composición fenólica de la miel está caracterizada por la presencia de ácidos fenólicos (benzoicos y cinámicos) y flavonoides. Estos compuestos provienen principalmente del néctar y polen de las plantas, y como consecuencia, las abejas al recoger el néctar pueden transferir componentes bioactivos de origen vegetal a la miel (Silici *et al.*, 2010; Dong *et al.*, 2011). Algunos estudios han indicado que estos compuestos tienen un efecto antioxidante más potente que la vitamina C o E (Cao *et al.*, 1997). Los flavonoides se ubican principalmente en las hojas y en el exterior de las plantas (Martínez-Flórez *et al.*, 2002) y son reconocidos por su elevada actividad farmacológica como secuestradores de radicales y utilizados en el control de enfermedades cardiovasculares y cáncer (Yao *et al.*, 2004).

Varios investigadores comprobaron el efecto de los compuestos fenólicos en la actividad antioxidante de la miel, siendo los ácidos fenólicos y flavonoides los principales responsables (Ferrerres *et al.*, 1996; Yao *et al.*, 2004). Además son muchos los estudios sobre la composición polifenólica de la miel que confirman la dependencia de la concentración y tipo de sustancia polifenólica con el origen botánico (Tomás-Barberán *et al.*, 1993; Cherchi *et al.*, 1994; Ferrerres *et al.*, 1996; Vit *et al.*, 1997; Anklam, 1998; Martos *et al.*, 2000; Tomás-Barberán *et al.*, 2001; Al-Mamary *et al.*, 2002; Ferrerres *et al.*, 2003; Beretta *et al.*, 2005; Meda *et al.*, 2005; Arráez-Román *et al.*, 2006; Gómez-Caravaca *et al.*, 2006; Baltrusaityte *et al.*, 2007; Küçük *et al.*, 2007; Truchado *et al.*, 2008; Escuredo *et al.*, 2012b). En este trabajo se cuantificó el contenido total en fenoles y flavonoides de las mieles gallegas estudiadas, con el objetivo de estudiar estas relaciones. Se ha podido constatar una amplia variación de los resultados obtenido en estos compuestos. El

contenido en polifenoles varió entre un valor mínimo de 33.9 mg/100g y un valor máximo de 237 mg/100g, y el contenido en flavonoides entre 1.3 mg/100g y 14.3 mg/100g. En general, las muestras mostraron un contenido elevado de fenoles totales (valor medio de 110.9 mg/100g) y flavonoides (valor medio 6.9 mg/100g), si se compara con mieles de otras regiones evaluadas por procedimientos similares. Por ejemplo, mieles de Burkina Faso (Meda *et al.*, 2005), mieles de Eslovenia (Bertoncelj *et al.*, 2007), mieles de Rumania (Marghitas *et al.*, 2009), mieles monoflorales de Cuba (Álvarez-Suarez *et al.*, 2010) y mieles de la India (Saxena *et al.*, 2010) tienen un contenido menor en polifenoles. Sin embargo, en mieles portuguesas se han encontrado contenidos en flavonoides superiores a las mieles gallegas (Ferreira *et al.*, 2009).

La capacidad antioxidante de la miel fue medida por varios investigadores, en mieles de diferente procedencia geográfica como Meda *et al.* (2005) y Hussein *et al.* (2011). No hay un método oficial para medir la actividad antioxidante en la miel, aunque son varios los testados con principios y condiciones experimentales diferentes. Algunos ejemplos son: el método FRAP que reduce el Fe³⁺-TPTZ (complejo de 2,4,6 tripyridyl-triazine) a Fe²⁺-TPTZ (Benzie & Strain, 1996; Aljadi & Kamaruddin, 2004; Beretta *et al.*, 2005; Blasa *et al.*, 2006; Küçük *et al.*, 2007; Álvarez-Suárez *et al.*, 2010; Lachman *et al.*, 2010; Hussein *et al.*, 2011); el análisis TEAC que utiliza la capacidad antioxidante de patrones de referencia como el Trolox equivalente (Re *et al.*, 1999; Prior *et al.*, 2005; Álvarez-Suárez *et al.*, 2010); la prueba ORAC que determina la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (Cao *et al.*, 1997; Gheldof & Engeseth, 2002; Gheldof *et al.*, 2002; Beretta *et al.*, 2005; Prior *et al.*, 2005); el contenido antioxidante de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (Chen *et al.*, 2000; Beretta *et al.*, 2005; Meda *et al.*, 2005; Nagai *et al.*, 2006; Baltrusaityte *et al.*, 2007; Bertoncelj *et al.*, 2007; Vela *et al.*, 2007; Estevinho *et al.*, 2008; Marghitas *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2009; Lachman *et al.*, 2010; Saxena *et al.*, 2010; Hussein *et al.*, 2011; Dong *et al.*, 2011) o también con medidas enzimáticas o no-enzimáticas de inhibición de peroxidación lipídica (Chen *et al.*, 2000; Nagai *et al.*, 2001; McKibben & Engeseth, 2002).

El método DPPH es el más usado, tanto en miel como en otros alimentos, por su fiabilidad y rapidez (Meda *et al.*, 2005), de ahí la elección de este método para la determinación de la actividad antioxidante de las mieles gallegas en este trabajo. La determinación de la actividad de los radicales libres mediante la decoloración del DPPH se puede expresar como porcentaje de decoloración de este radical de referencia, mediante el porcentaje de RSA o como IC₅₀. En el caso de las mieles gallegas estudiadas, tienen un valor medio de 43.2% y 13.4 mg/ml, respectivamente. El porcentaje de RSA fue similar al de las mieles de la India (Saxena *et al.*, 2010) y al de mieles monoflorales de Rumania, siendo las mieles de mielada las que presentaron los valores más elevados (Marghitas *et al.*, 2009).

Vela *et al.* (2007) diferenciaron entre mieles de néctar y de mielada, y también encontraron diferencias en la actividad de este radical, siendo superior en las mieles de mielada. Sin embargo, las mieles de Lituania tuvieron en general mayor porcentaje de inhibición de DPPH (Baltrusaityte *et al.*, 2007). Algunos trabajos presentan la decoloración del DPPH en función del IC₅₀, y el resultado medio obtenido para las mieles de este trabajo fue similar a las de Burkina Faso (Meda *et al.*, 2005), aunque el rango de valores no fue tan amplio como el encontrado en las mieles de la comunidad gallega.

El análisis de correlación de Spearman aplicado a los componentes saludables de la miel y a la actividad antioxidante, muestra coeficientes de correlación elevados y significativos (Tabla 79). Para el índice de oxidación se obtuvieron coeficientes de correlación negativos y significativos con el contenido polifenólico, los flavonoides y RSA ($p < 0.01$), siendo el más elevado el correspondiente a los flavonoides. Las mismas correlaciones se han encontrado para la actividad antioxidante expresada en RSA, pero con signo positivo ($p < 0.01$). Estas correlaciones estadísticamente significativas coinciden con las encontradas por otros investigadores (Beretta *et al.*, 2005; Blasa *et al.*, 2006; Dong *et al.*, 2011), que también encontraron una fuerte correlación entre capacidad antioxidante y contenido fenólico. Esto explica la responsabilidad de los compuestos polifenólicos en la actividad antioxidante de la miel. Gheldof *et al.* (2002) confirmó esta contribución, pero además expone que la actividad antioxidante parece ser un resultado de la combinación de las actividades de compuestos fenólicos junto a ácidos orgánicos, enzimas y productos de reacción de Maillard.

Tabla 79. Análisis de correlación de Spearman entre los componentes saludables de la miel y la capacidad antioxidante.

	Polifenoles	Flavonoides	Índice oxidación	RSA
Polifenoles	1.000			
Flavonoides	0.630***	1.000		
Índice oxidación	-0.392***	-0.708***	1.000	
RSA	0.513***	0.826***	-0.684***	1.000

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

5. ANÁLISIS MULTIVARIANTE PARA LA TIPIFICACIÓN DE LAS MIELES GALLEGAS

La determinación del origen botánico de la miel y de los criterios utilizados para su clasificación, ha sido objeto de estudio de numerosos trabajos, siendo las propiedades que discriminan entre miel de mielada y miel de néctar las más investigadas (Marini *et al.*, 2004; Sanz *et al.*, 2005; Soria *et al.*, 2005). Algunos estudios diferencian los tipos de miel en función de solo parámetros fisicoquímicos (Krauze & Zelewski, 1991; Mateo & Bosch-Reig, 1998; Gómez-Barez *et al.*, 2000; González-Paramás *et al.*, 2000; Terrab *et al.*, 2004a; Sâric *et al.*, 2008). Otros trabajos combinan los parámetros fisicoquímicos con atributos sensoriales (Anupama *et al.*, 2003; Castro-Vázquez *et al.*, 2009), o bien con propiedades nutricionales (Latorre *et al.*, 1999; Terrab *et al.*, 2003; Devillers *et al.*, 2004; Sanz *et al.*, 2004).

La identificación y cuantificación de los granos de polen por el método palinológico mediante microscopía, pone de manifiesto el origen botánico o geográfico de las mieles (Louveaux *et al.*, 1978). Al tratarse de un producto natural, la variación es muy amplia, incluso dentro de una misma zona de producción, cambia según la meteorología de ese año o la actividad de las propias abejas. Son varios los trabajos que incluyen análisis palinológicos para estudiar la procedencia botánica de las mieles (Seijo, 1994; Horn & Aira, 1997; Seijo & Jato, 1998; Valencia-Barrera *et al.*, 2000; La-Serna *et al.*, 2002; Seijo *et al.*, 2003; Terrab *et al.*, 2004b; Tsigouri *et al.*, 2004; La-Serna & Gómez-Ferreras, 2006; Silici & Gökceoglu, 2007; Persano-Oddo *et al.*, 2007; Seijo *et al.*, 2011), y además se combinan cada vez más, con análisis fisicoquímicos, nutricionales o los componentes antioxidantes más importantes, ya que difieren según el origen botánico (Persano-Oddo & Piro, 2004; Sanz *et al.*, 2004; Naab *et al.*, 2008; Makhoulfi *et al.*, 2010).

El espectro fúngico en el sedimento de mieles, sin embargo, está menos estudiado (Pérez-Atanes *et al.*, 2001; Tsigouri *et al.*, 2004; Seijo *et al.*, 2011; Escuredo *et al.*, 2012a). Los trabajos que tratan la relación de los elementos fúngicos con el origen de la miel, confirman su estrecha ligazón, sobre todo con las mieles de mielada. Por ejemplo, la presencia de microalgas verdes y esporas fúngicas ya fue mencionada por Fehlmann (1911) como característico de mieles de mielada. Estas observaciones fueron confirmadas más tarde por otros investigadores (Zander, 1941; Gontarski, 1951; Maurizio, 1959; Barth, 1971; Borowska & Demianovicz, 1972; Demianovicz *et al.*, 1972), y en estudios más recientes (Ferrazzi, 1984; Warakomska & Jaroszynska, 1992; Pérez-Sánchez *et al.*, 1997; Pérez-Atanes *et al.*, 2001; Dimou *et al.*, 2006; Escuredo *et al.*, 2012a). En las mieles gallegas se ha identificado la levadura *Metschnikowia*, fue encontrada con mayor frecuencia en mieles de la costa, y varios investigadores la relacionan con

el néctar (Giménez-Jurado, 1992; Brysch-Herzberg, 2004; Herrera *et al.*, 2008; De Vega *et al.*, 2009; Herrera *et al.*, 2009; Seijo *et al.*, 2011), y las abejas son las encargadas de transferirlas a la miel. Especies de *Metschnikowia* en la miel fue confirmado por Magyar *et al.* (2005) y en concreto la especie *Metschnikowia gruessi* fue considerada la predominante en el néctar según Giménez-Jurado *et al.* (1992). Como se menciona más adelante, la presencia de esta levadura es muy representativa en las mieles de eucalipto de Galicia.

El análisis multivariante aplicado a las variables melisopalinológicas fue usado recientemente por Aronne & De Micco (2010) para obtener la caracterización botánica y geográfica de las mieles del sur de Italia. Los primeros intentos de caracterizar geográficamente mieles mediante análisis multivariante, como es el análisis de conglomerados, con datos palinológicos fueron reportados por Seijo & Jato (1998); Herrero *et al.* (2002); Scala & Aronne (2003); Seijo *et al.* (2003); Aronne *et al.* (2004); Scala *et al.* (2004).

En este sentido, con el fin de tipificar las muestras gallegas de este trabajo, se ha realizado un análisis multivariante de los parámetros más significativos obtenidos en los análisis de correlación. Se han empleado técnicas de agrupamiento como es el análisis de conglomerados (clúster) que mide la distancia o semejanza entre las variables que se introducen en el análisis. Con este método, los objetos se asocian en grupos en función de su proximidad o similitud. Con el objetivo de reducir la matriz de los datos originales, también fue aplicado un análisis de componentes principales (PCA). Este análisis permite establecer relaciones entre variables y observaciones para el agrupamiento de una estructura de datos (Saric *et al.*, 2008). Todas estas técnicas han sido utilizadas en numerosos trabajos para la caracterización de la miel según diferentes parámetros analíticos, con mayor o menor éxito (López *et al.*, 1996; Latorre *et al.*, 1999; Latorre *et al.*, 2000; Anupama *et al.*, 2003; Devillers *et al.*, 2004; Zandamela, 2008) aunque en la mayoría de los casos con un número más reducido de variables.

Primeramente para reducir la dimensionalidad de los datos con la selección de un número menor de variables se ha aplicado un análisis de correlación de Spearman. Este estadístico permite estudiar las relaciones entre los tipos polínicos principales (*C. sativa*, *Rubus*, *Eucalyptus* y *Erica*), el contenido de la levadura *Metschnikowia* y de HD presente en las muestras gallegas con los parámetros fisicoquímicos y nutricionales cuantificados, así como los compuestos fenoles y flavonoides, y la actividad antioxidante. Esto nos permitirá excluir las variables que menos influyen en el origen botánico de las mieles. El resultado se plasma en la tabla 80, y a continuación se comentan las correlaciones que resultaron más significativas en función del tipo polínico.

Tabla 80. Análisis de correlación de Spearman entre las variables fisicoquímicas, nutricionales, los compuestos saludables y los principales tipos polínicos.

Variables	<i>Metschnikowia</i>	HD	<i>Erica</i>	<i>C. sativa</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Rubus</i>	Grano polen/g
<i>Metschnikowia</i>	1.000						-0.037
HD	0.170**	1.000					-0.033
<i>Erica</i>	-0.355***	-0.016	1.000				-0.348***
<i>C. sativa</i>	-0.201***	-0.009	-0.023	1.000			0.326***
<i>T. Cytisus</i>	-0.211***	0.012	0.355***	-0.269***	-0.024	0.032	-0.123*
<i>Eucalyptus</i>	0.240***	-0.224***	-0.094	-0.419***	1.000		-0.257***
<i>Rubus</i>	0.182*	0.163**	-0.164**	-0.067	-0.531***	1.000	0.155**
Humedad	0.043	-0.270***	0.227***	0.200***	0.096	-0.208***	0.039
pH	-0.171**	0.312***	-0.178**	0.210***	-0.394***	0.065	0.288***
CE	-0.538***	0.317***	0.158**	0.437***	-0.543***	0.060	0.295***
Diastasa	-0.382***	0.166**	0.099	0.297***	-0.430***	0.210***	0.349***
Invertasa	-0.263***	0.291***	0.049	0.283***	-0.443***	0.203***	0.272***
Color	-0.488***	0.313***	0.439***	0.333***	-0.525***	-0.013	0.008
Fructosa	-0.099	-0.260***	0.329***	0.010	0.101	-0.157**	-0.136*
Glucosa	0.139**	-0.044	-0.087	-0.129*	-0.088	0.380***	0.197***
Sacarosa	0.078	0.056	0.018	-0.109	-0.009	0.075	-0.316***
Maltosa	-0.088	-0.130*	-0.033	-0.063	0.027	0.165**	0.127*
Trehalosa	-0.148**	-0.054	-0.148**	0.137*	-0.152**	0.245***	0.314***
Melecitosa	-0.048	0.082	-0.219***	0.182**	-0.209***	0.245***	0.360***
F/G	-0.155**	-0.138*	0.283***	0.103	0.223***	-0.504***	-0.228***
G/W	0.127*	0.056	-0.175**	-0.188***	-0.122*	0.459***	0.160**
F+G	0.025	-0.200***	0.160**	-0.053	0.007	0.119*	0.009
K	-0.450***	0.288***	0.142**	0.414***	-0.526***	0.025	0.280***
Ca	-0.314***	0.174**	-0.027	0.200***	-0.201***	-0.223***	0.198***
Fe	-0.068	0.001	0.104	0.082	0.188***	-0.390***	-0.188***
Mg	-0.099	0.427***	-0.171**	0.317***	-0.703***	0.551***	0.346***
Na	-0.119*	-0.248***	0.489***	-0.098	0.525***	-0.638***	-0.384***
P	-0.237***	0.441***	-0.127*	0.254***	-0.603***	0.399***	0.298***
∑ Minerales	-0.451***	0.303***	0.151**	0.411***	-0.539***	0.027	0.252***
Proteínas	-0.300***	0.256***	0.256***	0.266***	-0.369***	-0.025	0.089
Polifenoles	-0.329***	0.171	0.642***	0.287***	-0.271***	-0.200***	-0.291***
Flavonoides	-0.364***	0.328***	0.320***	0.243***	-0.476***	0.032	0.064
Índice oxidación	0.282***	-0.316***	-0.237***	-0.172**	0.452***	-0.096	-0.066
RSA	-0.335***	0.403***	0.253***	0.228***	-0.599***	0.237***	0.058
IC ₅₀	0.281***	-0.359***	-0.255***	-0.191***	0.523***	-0.119*	0.013

***p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

Los mayores coeficientes de correlación obtenidos y con signo positivo fueron entre el polen *Erica* y el contenido polifenólico y color ($p < 0.01$). Al mismo tiempo, este taxón presentó coeficientes altamente significativos y también positivos con la fructosa, la humedad, la conductividad eléctrica y el contenido mineral ($p < 0.01$). Destacan también los coeficientes significativos y positivos del polen de *C. sativa* con los parámetros fisicoquímicos conductividad eléctrica y color, además del contenido mineral ($p < 0.01$), por tener los coeficientes más elevados. Otros parámetros que tuvieron un coeficiente de correlación positivo y significativo con este tipo polínico fueron proteínas, polifenoles, flavonoides, RSA, contenido enzimático, pH y humedad ($p < 0.01$), pero con valores inferiores. El tipo polínico *Eucalyptus* mostró coeficientes de correlación negativos con la mayoría de los parámetros analizados. Destacan por su valor y ser altamente significativo la conductividad eléctrica, el color, el contenido mineral, los flavonoides, la actividad antioxidante y el contenido enzimático ($p < 0.01$). Finalmente el tipo polínico *Rubus*, mostró los coeficientes positivos más elevados y significativos con los azúcares glucosa, trehalosa y melecitosa, y también con el contenido enzimático ($p < 0.01$). La elevada correlación entre el color y los minerales han sido confirmados anteriormente por González-Miret *et al.* (2005), que mencionan la importante correlación entre el color oscuro de mieles de castaño, brezo o de mielada con el calcio, y por otro lado, la correlación de mieles claras como la de eucalipto con el magnesio y el aluminio. Este resultado con respecto al color es coincidente en las mieles de Galicia, y también con el polen *C. sativa* y el calcio ($p < 0.01$), sin embargo, en el caso del tipo polínico *Eucalyptus* ocurre todo lo contrario, se ha observado un coeficiente de correlación altamente significativo con el magnesio pero negativo ($p < 0.01$).

La diversidad fúngica encontrada en el sedimento de las mieles puede ayudar a clasificar las muestras. Por este motivo, se han estudiado las correlaciones entre las esporas de hongos (HD) y las levaduras (*Metschnikowia*) con cada uno de los parámetros fisicoquímicos, nutricionales y las propiedades biológicas examinadas, así como con los tipos polínicos principales (Tabla 80). El resultado muestra que la variable HD, presenta un coeficiente de correlación altamente significativo y positivo, con la mayoría de los parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, pH, contenido en invertasa y color), con la actividad antioxidante y los flavonoides, y con el contenido mineral y las proteínas ($p < 0.01$). Todo lo contrario ocurre con la levadura *Metschnikowia*, que presentó correlaciones significativas pero inversas con casi todos los parámetros fisicoquímicos, contenido en polifenoles y flavonoides, actividad antioxidante, y contenido mineral y proteínas ($p < 0.01$), siendo estos últimos parámetros los que presentaron los coeficientes más elevados.

Una vez analizado el resultado de las correlaciones y teniendo en cuenta algunos criterios de clasificación establecidos por la Norma de calidad relativa a la miel (BOE nº186 del 5 de agosto del 2003), en las que diferencia algunos parámetros fisicoquímicos con respecto a mieles de mielada y mieles de flores, las variables utilizados para una primera clasificación de las muestras han sido: los pólenes predominantes en las mieles gallegas (*C. sativa*, *Rubus*, *Eucalyptus* y *Erica*), los elementos de mielada (HD), la levadura *Metschnikowia*, el contenido enzimático (diastasa e invertasa), el pH, la conductividad eléctrica, el color, el contenido en fructosa, en glucosa, en melecitosa, el contenido mineral total, el contenido en polifenoles y en flavonoides.

También se ha aplicado el análisis de componentes principales para reducir el número de dimensiones. Este método permite visualizar fácilmente las variables, representando un alto porcentaje del conjunto de datos en un espacio de dimensión pequeña.

Tabla 81. Valor propio, porcentaje de varianza y porcentaje de varianza acumulada para cada componente principal resultante tras el análisis.

Componente principal	Valor propio	% Varianza	% Acumulada
1	6.06	35.67	35.67
2	2.54	14.94	50.61
3	1.79	10.51	61.12
4	1.26	7.42	68.54
5	0.96	5.64	74.18
6	0.93	5.47	79.65
7	0.73	4.28	83.93
8	0.61	3.59	87.52
9	0.49	2.87	90.39
10	0.46	2.71	93.10
11	0.33	1.97	95.07
12	0.24	1.44	96.51
13	0.18	1.07	97.57
14	0.18	1.03	98.60
15	0.13	0.79	99.39
16	0.07	0.39	99.77
17	0.04	0.23	100

De este modo, en la tabla 81 se resume los componentes principales y la variabilidad explicada de cada componente. Un total de 17 componentes fueron extraídos con el 100% de la variabilidad de los datos. Sin embargo, el resultado

del análisis muestra valores propios o eigenvalores iguales o superiores a 1 en los cuatro primeros componentes. Este valor indica el valor propio de la matriz estimada de covarianzas o correlaciones. El porcentaje de la varianza en el primer componente es de 35.67%, en el segundo de 14.94%, en el tercero de 10.51% y en el cuarto de 7.42%. Los demás valores de la varianza de los componentes principales decrecen muy lentamente. Por tanto, los cuatro primeros componentes principales representan el mayor porcentaje de varianza acumulada, con valores propios por encima de 1, y explicarían el 68.54% de la variabilidad de los datos originales.

Tabla 82. Peso de los componentes principales mediante los factores de correlación de las variables activas.

Variables	Coordenadas de componente principal			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
<i>Metschnikowia</i>	0.226	-0.185	-0.164	0.186
HD	-0.215	-0.061	-0.089	0.295
<i>Erica</i>	-0.019	0.450	0.289	0.230
<i>C. sativa</i>	-0.210	0.001	0.151	-0.535
<i>Eucalyptus</i>	0.201	0.118	-0.518	-0.002
<i>Rubus</i>	-0.003	-0.390	0.310	0.423
∑ Minerales	-0.381	-0.022	-0.110	-0.045
Polifenoles	-0.185	0.452	0.158	0.168
Flavonoides	-0.340	0.118	-0.033	0.251
Fructosa	0.123	0.285	0.278	-0.325
Glucosa	0.111	-0.236	0.460	0.125
Melecitosa	-0.042	-0.332	0.313	-0.198
Diastasa	-0.284	-0.182	0.002	-0.211
Invertasa	-0.305	-0.173	-0.142	-0.034
pH	-0.284	-0.164	-0.180	0.112
CE	-0.365	-0.044	-0.030	-0.137
Color	-0.326	0.188	0.126	0.173

El factor 1 o componente principal 1 está principalmente definido por el contenido en minerales, contenido en invertasa, la conductividad eléctrica y el color, por ser las variables de mayor peso en el análisis (Tabla 82). El factor 2 está altamente correlacionado con los tipos polínicos *Erica* y *Rubus*, el contenido en polifenoles y melecitosa. El factor 3 está asociado con *Eucalyptus* y los azúcares glucosa y melecitosa, y por último, el factor 4 con el menor porcentaje de

variabilidad está representado principalmente por los tipos polínicos *C. sativa* y *Rubus* y el azúcar principal en la miel, la fructosa.

Para simplificar la interpretación de los datos se han representado los dos primeros factores, que explican el 50.61% de la variabilidad total de los datos (Figura 58).

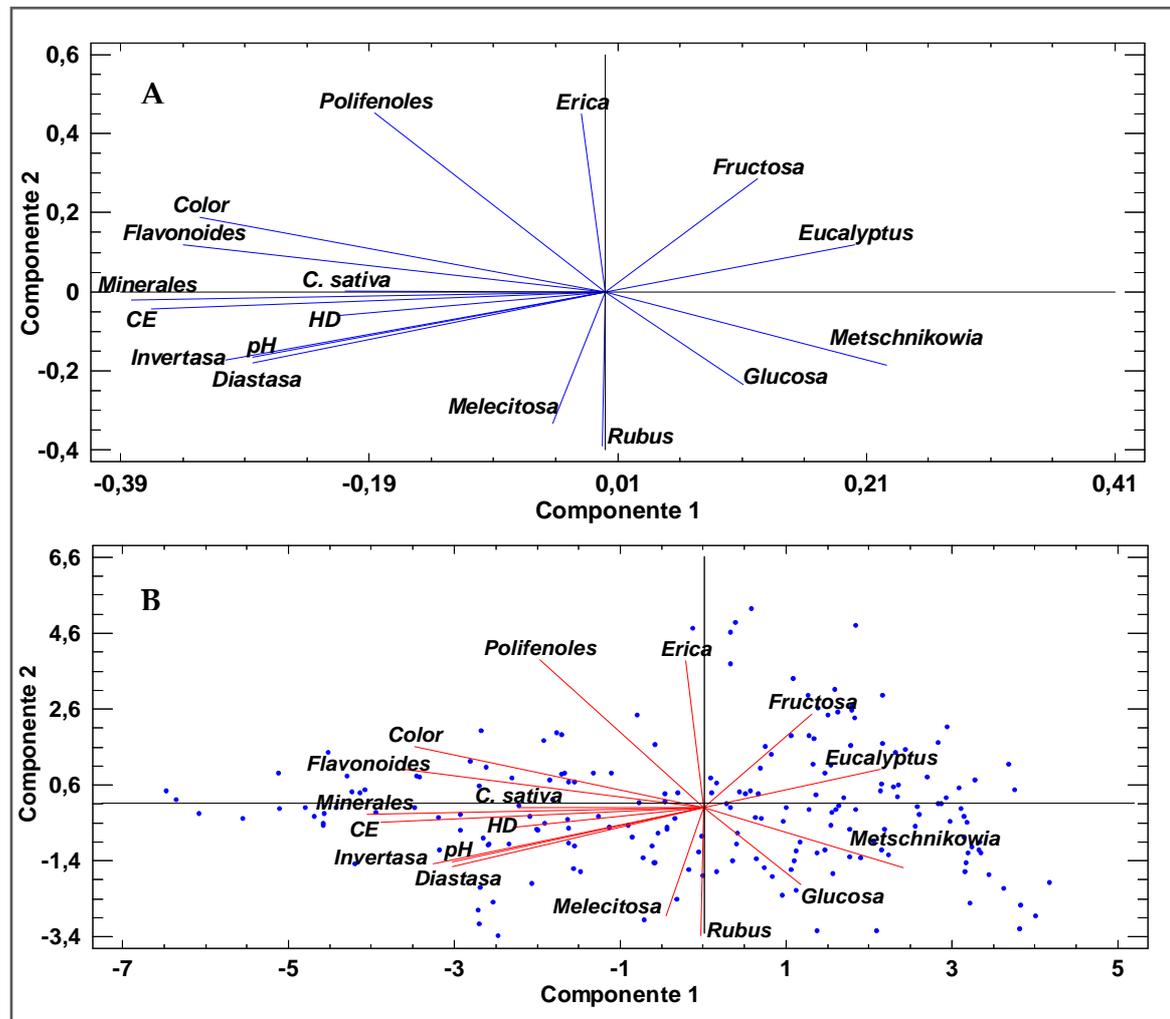


Figura 58. Representación gráfica de los componentes principales. A: asociación entre los parámetros incluidos en el análisis. B: asociación entre los parámetros y distribución de las muestras.

En el eje X está representado el factor 1 y en el eje Y el factor 2 que explican el 35.67% y el 14.94% de la variabilidad, respectivamente. Además gráficamente se puede observar las relaciones entre las variables incluidas en el análisis. De esta forma, los parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, pH, contenido enzimático) se mantienen cercanos entre sí, junto a la variable HD y el contenido mineral, y el tipo polínico *C. sativa*, manteniéndose agrupados en el cuadrante negativo izquierdo. Un poco más desviada se sitúa la melecitosa y el tipo polínico *Rubus*, pero ambos se encierran en este mismo cuadrante. El color se asocia por cercanía con el contenido polifenólico y los flavonoides, así como el tipo polínico

Erica, situados en el cuadrante positivo izquierdo. Los azúcares mayoritarios de la miel, como es la glucosa está situado en el cuadrante negativo derecho junto a *Metschnikowia* y la fructosa en el cuadrante positivo derecho con el tipo polínico *Eucalyptus*.

Si nos fijamos en la representación de las muestras en la figura 58, se observan que se dispersan en los cuatro cuadrantes, proyectándose un grupo numeroso junto a las variables fisicoquímicas, el contenido mineral, los flavonoides y el tipo polínico *C. sativa*. Otro grupo importante de muestras se sitúa en la parte derecha del gráfico, cercanas a los azúcares predominantes en la miel (fructosa y glucosa), el contenido en la levadura y el tipo polínico *Eucalyptus*. Destacar un grupo pequeño de muestras situados junto al contenido en polifenoles y el polen *Erica*.

Devillers *et al.* (2004) utilizando el análisis de componentes principales obtuvieron el 59.53% de clasificación de muestras de diferente origen botánico con las variables conductividad eléctrica, pH, humedad, diastasa, acidez libre, color y los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, erlosa, rafinosa y melecitosa. Hernández *et al.* (2005) consiguieron clasificar muestras de miel canaria utilizando este mismo análisis, obteniendo un 60.07% de variabilidad total. Zandamela (2008) utilizó 21 variables fisicoquímicas para la clasificación de mieles de Mozambique, con un porcentaje acumulado en los cinco primeros factores de 74.3%.

Con el objetivo de caracterizar cada una de las muestras, y estudiar posibles diferencias o similitudes entre ellas, se ha aplicado un análisis de agrupamiento o clúster a los datos de las variables utilizados en el análisis de componentes principales. Las distancias utilizadas en el análisis fueron euclídeas cuadradas y se aplicó el método Ward. El resultado se muestra en el dendrograma de la figura 59. El dendrograma, también conocido como árbol jerárquico, permite presentar de forma gráfica la agrupación de las muestras por su similitud. Este análisis ha sido utilizado por diversos investigadores para la diferenciación de mieles (López *et al.*, 1996; Latorre *et al.*, 2000; Herrero *et al.*, 2002; Terrab *et al.*, 2003; Anupama *et al.*, 2003; Devillers *et al.*, 2004; Zandamela, 2008; Aronne & De Micco, 2010; Ouchemoukh *et al.*, 2010).

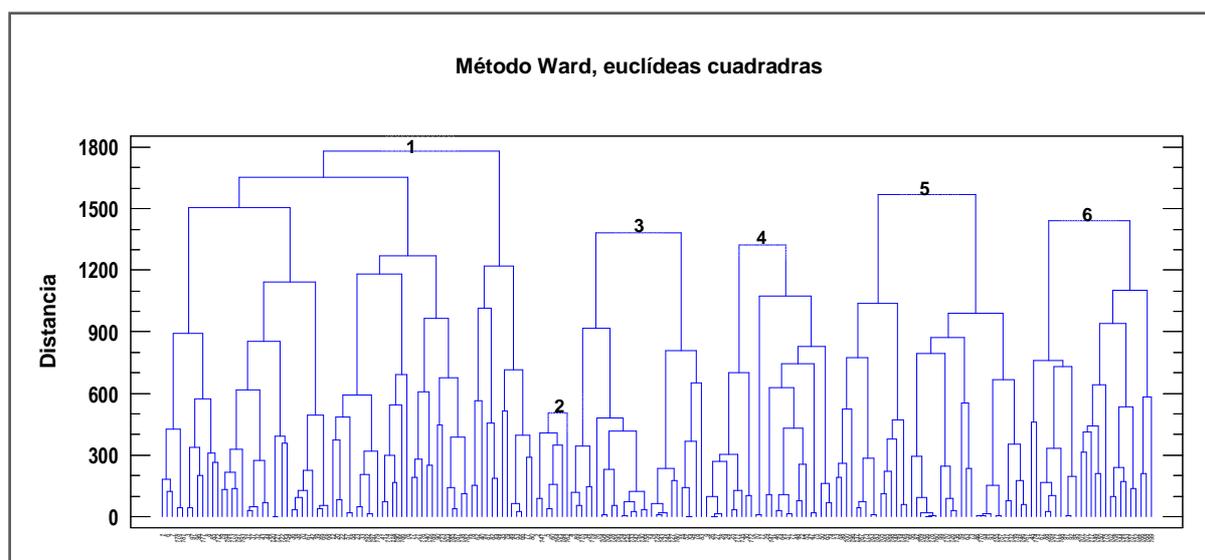


Figura 59. Dendrograma con respecto a las 199 mieles analizadas.

Las muestras se reúnen mediante una clasificación jerárquica en 6 grandes grupos, que a su vez contiene pequeñas agrupaciones. Esta clasificación agrupa las mieles por su similitud en los parámetros seleccionados para el análisis mediante diferentes métodos o algoritmos que analizan la distancia entre los clústers. De esta manera, los datos de cada uno de los parámetros que presentan las muestras pertenecientes a un mismo clúster se encuentran cercanos, por lo tanto, son muestras con características semejantes. Las que se ubican en diferentes clústers, están más alejados y, por tanto, algunas de las características de esas muestras son diferentes.

Tabla 83. Resumen del análisis de conglomerados o clúster.

Clúster	Miembros	%
1	75	37.7
2	7	3.5
3	27	13.6
4	26	13.1
5	39	19.6
6	25	12.6

El grupo 1 es el que incorporó un mayor número de muestras, un 37.7% seguido del grupo 5 con el 19.6% (Figura 59 y Tabla 83). Los grupos 3, 4, y 6 presentaron un número de muestras más homogéneo, con un porcentaje de muestras de 13.6%, 13.1% y 12.6%, respectivamente. Mientras que el grupo 2 presentó el menor número de muestras, representado sólo el 3.5% del total de muestras.

5.1. CARACTERIZACIÓN DE CADA GRUPO DE MUESTRAS

La dificultad de la diferenciación de un número tan elevado de muestras según sus características botánicas, físicas, químicas y biológicas es evidente. El análisis de conglomerados presenta seis grandes grupos (Tabla 84), los cuáles se subdividen en pequeños grupos interesantes sobre todo desde el punto de vista botánico, fisicoquímico, y también en algunos casos, como se comentará más adelante, en algunos de los compuestos saludables cuantificados en la miel. Analizaremos al detalle cada uno de estos subgrupos y se intentarán caracterizar pequeños grupos de muestras por similitud en las cualidades más importantes analizadas hasta este momento.

Tabla 84. Nomenclatura de los grupos establecidos por el clúster.

Grupos clúster	Subgrupos	Número de muestras	
1	11	111	12
		112	22
	12	121	16
		122	12
	13	13	
2		7	
3		27	
4		26	
5	51	15	
	52	24	
6	61	10	
	62	15	

Para facilitar la interpretación de los datos se han tenido en cuenta los agrupamientos (1, 2, 3, 4, 5 y 6) de la figura 59. A su vez, cada uno de ellos se ha subdividido en subgrupos y codificado tal como se indica en la tabla 84. Los agrupamientos 2, 3 y 4 no se han subdividido ya que contienen muestras con características cercanas. El agrupamiento 1 es el más amplio, y por eso se ha subdividido en varios grupos. Por tanto, las muestras se han asociado en un total de 11 grupos y subgrupos: 111, 112, 121, 122, 13, 2, 3, 4, 5, 61 y 62.

Con el fin de caracterizar cada grupo de muestras se han tenido en cuenta los centroides resultantes del análisis de conglomerados correspondientes a cada grupo por variable y las diferencias significativas según el test de Bonferroni, con un nivel de significación de $p < 0.05$. El resultado se ha expresado en la siguiente

tabla (Tabla 85) según el tipo de parámetro: microscópico, fisicoquímico, nutricional y polifenólico.

Tabla 85. Centroides de las variables de cada grupo establecido por el clúster.

	Variables microscópicas					
Grupos	1	2	3	4	5	6
Número de muestras	75	7	27	26	39	25
<i>Metschnikowia</i> (%)	15.9ce	5.2ce	88.7abdef	20.5ce	54.3abcdf	2.1ce
HD (%)	8.2f	0.0f	1.7f	2.4f	3.5f	28.5abcde
<i>Erica</i> (%)	6.8bc	38.2acdef	1.9ab	7.3b	5.0b	4.8b
<i>C. sativa</i> (%)	45.6cef	29.7f	32.5adef	51.2ce	14.5acdf	64.8abce
<i>Rubus</i> (%)	33.6bcdef	6.0ac	48.7abdef	19.1ace	5.5acdf	19.0ace
<i>Eucalyptus</i> (%)	2.4e	9.0e	6.6e	9.0e	59.4abcdf	0.5e
	Variables fisicoquímicas					
pH	4.4cdef	4.1f	4.2adf	3.9acef	4.2adf	4.8abcde
CE (mS/cm)	0.77bcdef	0.46af	0.45af	0.50af	0.50af	1.04abcde
Color (Pfund)	109cdef	127cde	75abf	85abf	80abf	144acde
Diastasa (ID)	21.2bcde	11.0af	14.1af	11.6af	12.9af	22.3bcde
Invertasa (IN)	21.0bcdef	9.8acef	15.7abdf	11.9acef	15.0abdf	23.9abcde
	Variables nutricionales					
Minerales (mg/100g)	218.0bcdef	136.5af	121.3af	107.8af	140.7af	343.2abcde
Fructosa (%)	38.2bdf	42.1acf	37.2bd	41.6acef	38.3df	35.5abde
Glucosa (%)	28.4ef	25.7	28.8ef	28.4f	26.1ac	24.4acd
Melecitosa (%)	0.13e	Nd	0.09	0.14	0.02a	0.13
	Variables polifenólicas					
Polifenoles (mg/100g)	109.0bcf	219.8acdef	78.9abdf	112.0bcf	92.3bf	148.4abcde
Flavonoides (mg/100g)	6.6cdef	6.3df	4.6af	3.9abf	4.8af	9.9abcde

Las diferencias significativas con $p < 0.05$ según test Bonferroni, siendo grupo 1: a; grupo 2: b; grupo 3: c; grupo 4: d; grupo 5: e; grupo 6: f.

5.1.1. GRUPO 1

El grupo 1 es el más numeroso en muestras, con un total de 75 (Figura 60), y presenta características palinológicas diferenciables y significativas con respecto fundamentalmente al porcentaje medio de *C. sativa* y *Rubus* con los grupos 2 y 5 ($p < 0.05$), siendo considerablemente más elevado (Tabla 85). Por otro lado, el contenido de elementos fúngicos en la miel es bajo, tanto de HD como de la levadura *Metschnikowia*.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, las muestras de este grupo destacan por su elevado contenido enzimático, pH, conductividad eléctrica y color. Estadísticamente la conductividad eléctrica y la enzima invertasa mostraron diferencias significativas con las muestras de los demás grupos

($p < 0.05$). Mientras que los valores medios del pH y color fueron similares al grupo 2 ($p > 0.05$) y significativamente diferente a los demás ($p < 0.05$). La actividad diastásica de las mieles del grupo 1 tomaron un valor medio similar a las muestras del grupo 6 y significativamente diferente al resto de los grupos ($p < 0.05$).

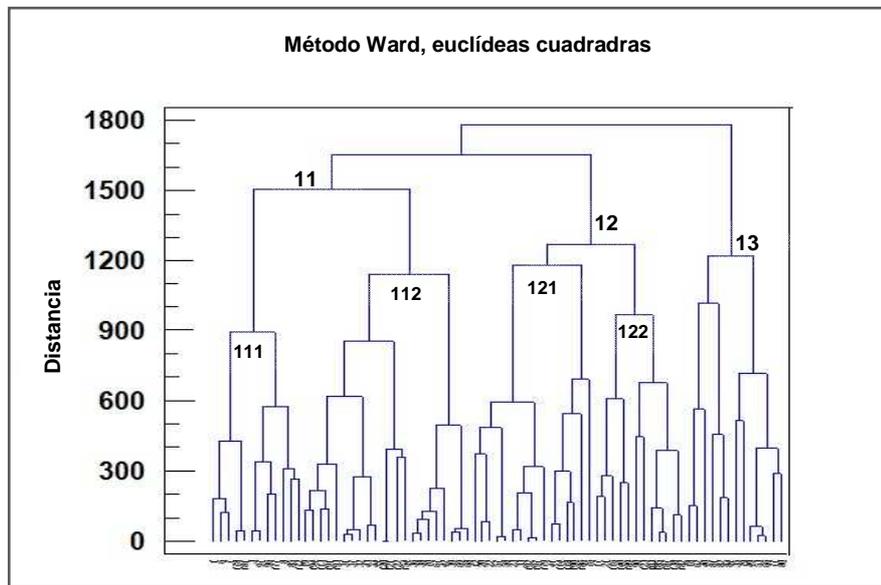


Figura 60. Dendrograma del grupo 1.

Los compuestos nutricionales cuantificados en las mieles gallegas marcan diferencia sobre todo en el contenido mineral total, por ser las muestras del grupo 1 junto a las del grupo 6 las de mayor contenido, mostrando diferencias significativas con el resto de los grupos ($p < 0.05$). En cuanto a la fructosa presenta una concentración media similar a los grupos 3 y 5, y una concentración de glucosa similar al grupo 2, 3 y 4. Sin embargo, el contenido en melecitosa es elevado y se diferencia significativamente con el de las mieles del grupo 5 ($p < 0.05$).

Los polifenoles totales de este grupo de mieles se caracterizan por un contenido moderado, superior al cuantificado en las mieles de los grupos 3 ($p < 0.05$) y 5 y, significativamente inferior a las mieles del grupo 2 y 6 ($p < 0.05$). Los flavonoides, sin embargo, fueron elevados en comparación a la concentración media de los demás grupos, siendo significativamente diferente a la de las mieles de los grupos 3, 4, 5 y 6 ($p < 0.05$).

El grupo 1 a su vez se ha subdividido en tres subgrupos como se puede apreciar en la figura 60. Los subgrupos 11 y 12 reúnen un mayor número de muestras, 34 y 28, respectivamente; mientras que el subgrupo 13 contiene 13 muestras. Comentaremos las características más significativas que diferencian las muestras de estos tres subgrupos.

En primer lugar, el subgrupo 11 se caracteriza por su elevado porcentaje en *C. sativa*, con un valor medio de casi el 70%, diferenciable de los otros dos subgrupos. Sin embargo, el tipo polínico *Rubus* es más representativo en las muestras de los subgrupos 12 y 13, con valores medios por encima de 44% en ambos. Los elementos de mielada (HD) fueron algo más elevados en las mieles del subgrupo 13, mientras que las células de *Metschnikowia* además de encontrarse en estas mieles también se encontraron en el subgrupo 11.

Desde el punto de vista de la composición nutricional, destacar las muestras del subgrupo 11 por su elevada concentración de minerales frente a las demás, con un valor medio de 234.9 mg/100g. También se vieron diferencias en los valores medios de azúcares. Las muestras del subgrupo 13 presentaron el mayor contenido medio de glucosa y melecitosa (por encima de 32% y 0.4%, respectivamente), mientras que el contenido medio en fructosa fue el más bajo (por debajo de 35%).

El contenido medio en polifenoles y flavonoides también fue diferente. Las muestras del subgrupo 13 se diferenciaron de los otros dos subgrupos, por el bajo valor medio en estos compuestos, por debajo de 90 mg/100g en el caso de polifenoles y de 6 mg/100g en el caso de flavonoides.

Cabe destacar la división de otros grupos más pequeños dentro de estos subgrupos que acabamos de describir. Pero mencionaremos tan solo aquellos que presenten interés en algunas de las características incluidas en el análisis. De este modo, hay un grupo de mieles (12 muestras) asociadas en la parte más izquierda del subgrupo 11, que contiene unas características palinológicas propias de mieles monoflorales de castaño, ya que el porcentaje medio del polen de *C. sativa* es de 76.2%. También es destacable la presencia de la levadura *Metschnikowia*, con un valor medio de 24.8%. Otra particularidad es la ausencia de la melecitosa en estas muestras.

Otro pequeño conjunto de muestras que deben de ser nombradas son las ubicadas en la parte más derecha del subgrupo 12 (12 muestras). Las características destacables son fundamentalmente el elevado contenido en polen de *Rubus*, con un contenido medio de 52.1%, y también la presencia de *Metschnikowia*, con un porcentaje medio de 22.5%, alcanzando un valor máximo de 86.4%. El contenido enzimático y mineral es importante, y también es interesante la ausencia de la melecitosa en este grupo.

De forma general, en la totalidad de las muestras del grupo 1 se puede confirmar la baja contribución del polen de *Eucalyptus* y la elevada de *C. sativa* y *Rubus*. Se trata de mieles en su mayoría bastante oscuras, posiblemente por el contenido en polifenoles y el contenido mineral.

5.1.2. GRUPO 2

El grupo 2 contiene 7 muestras que se caracterizan por su elevado contenido en polen de especies de *Erica* (Figura 61), con un valor medio de 38.2%, siendo significativamente diferente con las muestras de los demás grupos ($p < 0.05$) (Tabla 85). Otro polen de importancia en estas muestras es *C. sativa*, que representa un valor medio de 29.7% y estadísticamente diferente a las muestras del grupo 6 ($p < 0.05$). Mientras que las estructuras de *Metschnikowia* y HD han estado prácticamente ausentes en este grupo de mieles.

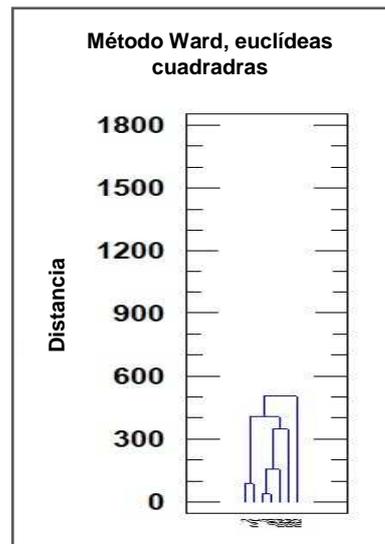


Figura 61. Dendrograma del grupo 2.

Las características fisicoquímicas son semejantes a mieles florales, con un pH y conductividad eléctrica bajo (4.1 y 0.46 mS/cm, respectivamente) y significativamente diferente a las muestras de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). Sin embargo, el color considerablemente oscuro, con un valor medio de 127 mm en la escala Pfund, fue similar a las muestras de los grupos 1 y 6 ($p > 0.05$) y estadísticamente diferente a los demás grupos ($p < 0.05$). El contenido enzimático y mineral es bajo y significativamente diferente a los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$).

Las concentración media de fructosa ha sido elevada, con un valor medio estadísticamente similar a las muestras del grupo 4 y 5. Las muestras de estos tres grupos presentaron los valores medios en este azúcar más elevados, por encima de 38 mg/100g. Mientras que la glucosa ha sido baja, con un valor medio cercano al representado por las muestras del grupo 6 y grupo 5. La melecitosa, sin embargo, no se ha cuantificado en ninguna de estas muestras.

Las muestras del grupo 2 destacan principalmente por presentar concentraciones elevadas de los compuestos polifenólicos cuantificados. El contenido polifenólico medio supera los 200 mg/100g y es significativamente diferente a las muestras de los demás grupos ($p < 0.05$). Mientras que la

concentración media de flavonoides es de 6.3 mg/100g, significativamente diferente al cuantificado en las muestras de los grupos 4 y 6 ($p < 0.05$).

5.1.3. GRUPO 3

El grupo 3 reúne un total de 27 muestras (Figura 62). Es un grupo con un valor medio de *Rubus* elevado (48.7%) (Tabla 85). En el grupo de la derecha, se encuentran las mieles con el mayor valor de este tipo polínico. De hecho se encuentran en este grupo una buena parte de las mieles monoflorales de zarza. Por ello, el polen es una variable que presenta diferencias significativas con las mieles de los demás grupos ($p < 0.05$). *C. sativa* estuvo presente en algunas muestras en porcentajes elevados, sin embargo, el valor medio en este grupo ha sido de 32.5%, significativamente diferente al de los grupos 1, 4, 5 y 6 ($p < 0.05$).

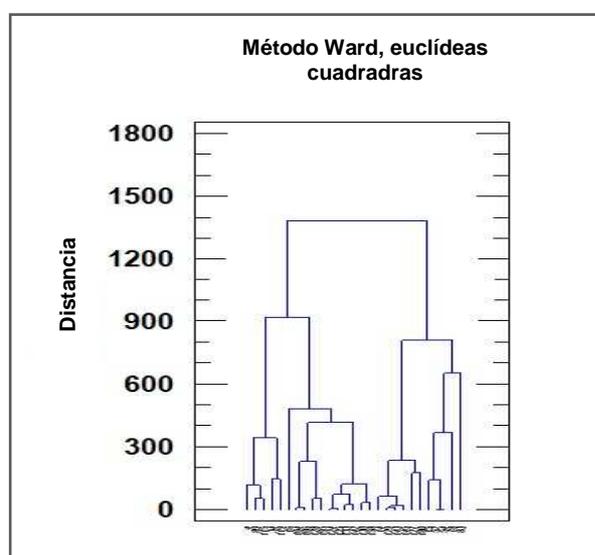


Figura 62. Dendrograma del grupo 3.

Metschnikowia estuvo presente en porcentajes importantes, con un valor medio de 88.7%, siendo significativamente diferente al resto de grupos de muestras ($p < 0.05$). Mientras que los demás elementos fúngicos apenas estuvieron presentes.

El pH y la conductividad eléctrica han sido considerablemente bajos, de 4.2 y 0.45 mS/cm, respectivamente, siendo significativamente diferente a las mieles de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$), y en el caso del pH también con el grupo 4 ($p < 0.05$). El color en la escala Pfund presentó un tono ámbar claro (75 mm), diferente de forma significativa con las muestras de los grupos 1, 2 y 6 ($p < 0.05$). El contenido enzimático y mineral ha sido bajo, siendo significativamente diferente sobre todo con las mieles de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). La fructosa media fue significativamente diferente a los grupos 2 y 4 ($p < 0.05$), siendo ligeramente inferior, mientras que la glucosa media fue significativamente a los grupos 5 y 6

($p < 0.05$). El trisacárido identificado en las mieles gallegas, la melecitosa, ha estado poco presente en las mieles del grupo 3, con una concentración media de 0.09%.

5.1.4. GRUPO 4

Un total de 26 muestras se incluyen en el grupo 4 del análisis de conglomerados (Figura 63). Se trata de un grupo con gran variabilidad en el espectro polínico. *Rubus*, *C. sativa* y *Erica* son los pólenes representativos de estas muestras, siendo *C. sativa* el más importante en valor medio (51.2%) y significativamente diferente en este polen con los grupos 3 y 5 ($p < 0.05$) (Tabla 85). Apenas se han encontrado elementos fúngicos en el sedimento de estas mieles, aunque en algunas de ellas, la levadura *Metschnikowia* ha sido abundante, presentando un valor medio de 20.5%, y diferente de forma significativa con las muestras de los grupos 3 y 5 ($p < 0.05$).

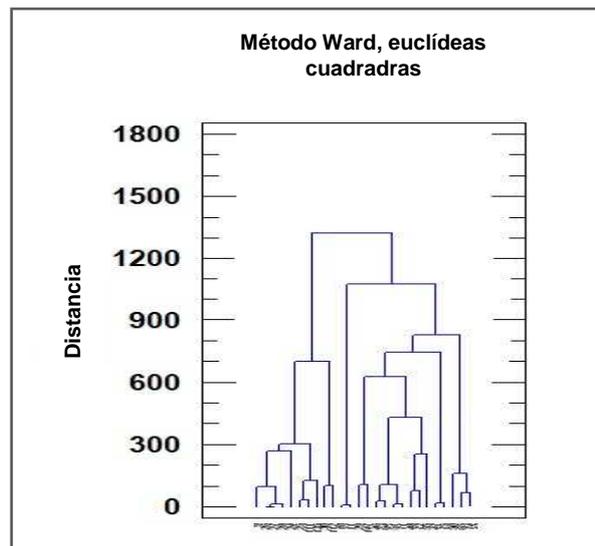


Figura 63. Dendrograma del grupo 4.

Con respecto a las características fisicoquímicas, el pH y la conductividad eléctrica han sido bajos, con un valor medio de 3.9 y 0.50 mS/cm, respectivamente, presentando diferencias significativas sobre todo con las muestras de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). El color de estas muestras ha variado desde un tono ámbar claro hasta ámbar oscuro, con un valor medio en escala Pfund de 84.7 mm, similar a los grupos 3 y 5. El contenido enzimático y mineral es bajo, siendo significativamente diferente con el de las mieles de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). La concentración media de fructosa ha sido significativamente más elevada que la de los grupos: 1, 3, 5 y 6 ($p < 0.05$); mientras que para el contenido medio de glucosa solo se encontraron diferencias significativas con el grupo 6 ($p < 0.05$). La melecitosa se ha detectado en algunas de estas muestras, representando una concentración media de 0.14%.

Los compuestos polifenólicos cuantificados son de poca importancia en este grupo de muestras, con un contenido medio de 112.0 mg/100g, siendo estadísticamente diferente con las mieles de los grupos 2, 3 y 6 ($p < 0.05$). La concentración de flavonoides ha sido significativamente inferior (3.9 mg/100g) a la reportada para los grupos 1, 2 y 6 ($p < 0.05$).

5.1.5. GRUPO 5

El grupo 5 incluye 39 muestras, que se pueden subdividir en otros dos subgrupos (Figura 64). Sin embargo, no se han encontrado diferencias significativas en los parámetros incluidos en el análisis entre dichos subgrupos (Tabla 85), por este motivo se analizan todas las muestras como grupo 5.

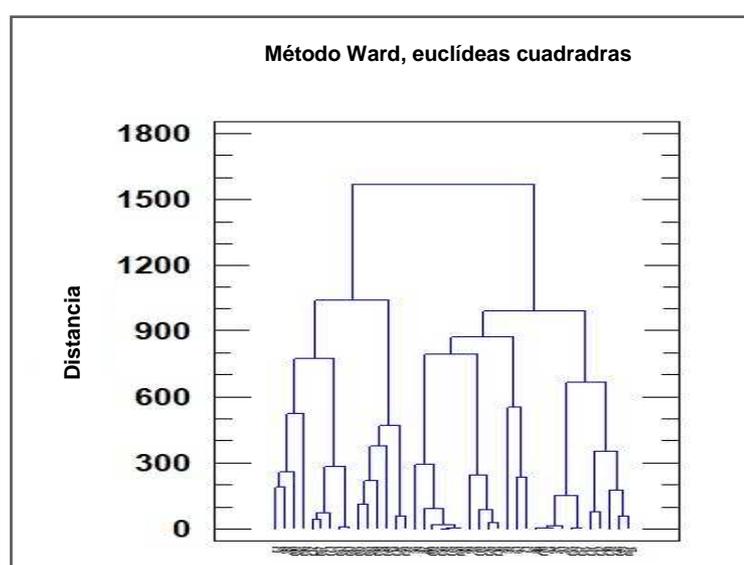


Figura 64. Dendrograma del grupo 5.

Son mieles que destacan en el análisis palinológico por su elevado contenido en *Eucalyptus*, con un valor medio de 59.4%, significativamente más elevado que el resto de grupos ($p < 0.05$) que apenas superaron el 10% de este tipo polínico

Presentan unas características fisicoquímicas diferenciables estadísticamente, sobre todo con las muestras de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$), por tener valores medios inferiores. El pH y la conductividad eléctrica media fue de 4.2 y 0.50 mS/cm, respectivamente. El color en general fue bajo, con tonos en su mayoría ámbar claro, con un valor medio en la escala Pfund de 80 mm. Este parámetro sensorial también mostró diferencias significativas con las muestras del grupo 2 ($p < 0.05$). Mientras que el contenido en diastasa fue moderado y significativamente más bajo que el de los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). Para la invertasa se obtuvieron valores significativamente diferentes a los obtenidos para los grupos 2 y 4 ($p < 0.05$).

Del mismo modo, se han visto diferencias en el contenido mineral, con los grupos 1 y 6 ($p < 0.05$). Las propiedades nutritivas representadas en su mayoría por el aporte de los azúcares fructosa y glucosa han mostrado también diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los otros grupos establecidos. El porcentaje de fructosa fue estadísticamente diferente con el de los grupos 4 y 6, mientras que la concentración de glucosa se diferenció del de los grupos 1 y 3, por ser más baja ($p < 0.05$). La melecitosa apenas se ha encontrado en este grupo de muestras, siendo la concentración media de 0.02% y significativamente diferente con el contenido medio en las muestras del grupo 1 ($p < 0.05$).

Finalmente el contenido medio en polifenoles y flavonoides son bajos, 92.3 mg/100g y 4.8 mg/100g, respectivamente, siendo significativamente diferentes con las muestras de los grupos 2 y 6 en el caso de los polifenoles y significativamente diferentes con los grupos 1 y 6 los flavonoides ($p < 0.05$).

Algunas de las muestras de este grupo se pueden caracterizar como mieles monoflorales de eucalipto, sin embargo, se entremezclan con mieles milflores con características sobre todo fisicoquímicas y nutricionales similares a este tipo de miel monofloral.

5.1.6. GRUPO 6

El grupo 6 incluye un total de 25 muestras (Figura 65) y se caracterizan por el elevado contenido en el polen de *C. sativa* (64.8%), siendo significativamente diferente a las muestras de los grupos 1, 2, 3 y 5 ($p < 0.05$) y también por el elevado HD que presentan (28.5%), con diferencias significativas respecto a los valores obtenidos con el resto de los grupos ($p < 0.05$) (Tabla 85). En porcentaje medio le sigue el tipo polínico *Rubus* (19.0%), significativamente diferente a las muestras de los grupos 1, 3 y 5 ($p < 0.05$).

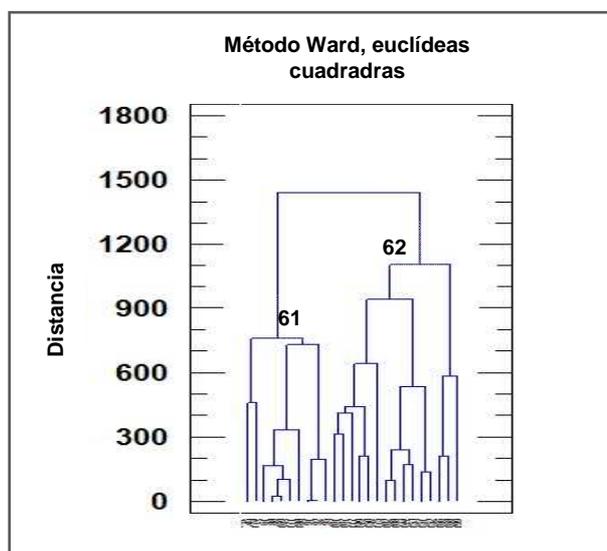


Figura 65. Dendrograma del grupo 6.

Los valores obtenidos para las características fisicoquímicas de las mieles del grupo 6 son en su mayoría significativamente diferentes a los obtenidos para el resto de grupos. La conductividad eléctrica, el pH y el contenido en invertasa son significativamente diferentes a las muestras de todos los demás grupos ($p < 0.05$), presentando valores medios más elevados (1.04 mS/cm, 4.8 y 23.9 IN, respectivamente). Mientras que la actividad diastásica, con el valor medio también más elevado (22.3 ID) se diferencia estadísticamente de todos los grupos ($p < 0.05$), excepto del grupo 1. Todas las mieles del grupo 6 superan en la escala Pfund el valor de 100 mm, por tanto muestran un tono de color muy oscuro, significativamente diferente con las de los grupos 1, 3, 4 y 5 ($p < 0.05$).

Lo mismo ocurre con el contenido mineral total cuantificado, con un valor medio muy superior al resto de grupos y con los que presenta diferencias significativas ($p < 0.05$). La concentración de fructosa y glucosa fueron las más bajas, siendo diferentes con los grupos 1, 2, 4 y 5 en el caso de la fructosa, y con los grupos 1, 3 y 4 en el caso de la glucosa ($p < 0.05$).

Por otro lado, el contenido en polifenoles fue moderado en este grupo, con un valor medio de casi 150 mg/100g. Sin embargo, el contenido en flavonoides fue el más elevado, con un valor medio de casi 10 mg/100g. En ambos casos las diferencias con el resto de grupos resultaron significativas ($p < 0.05$).

Asimismo, el grupo 6, se subdivide claramente en dos subgrupos, 61 y 62 (Figura 65). El grupo 61 incluye 10 muestras que se caracterizan por presentar porcentajes importantes de *C. sativa*, con valores en este polen por encima del 70% en todas las muestras, y un valor medio de 78.3%. Se han encontrado algunos elementos fúngicos en estas muestras, con un valor medio en HD de 6.7%, sin embargo, *Metschnikowia*, es menos frecuente. Las características fisicoquímicas destacan por su elevado pH y conductividad eléctrica, con un valor medio de 5.0 y 1.09 mS/cm, respectivamente. El color ha superado los 100 mm en la escala Pfund en todas las muestras, y por lo tanto, el tono es mayoritariamente ámbar oscuro. El contenido mineral ha sido elevado, con una concentración media por encima de 350 mg/100g, incluyendo las muestras con los valores máximos para esta variable. En cuanto a las enzimas, presentaron un contenido también elevado, por encima de 20 ID en el caso de diastasas y 20 IN en invertasa. Los azúcares mayoritarios tuvieron concentraciones ligeramente bajas, mientras que la melecitosa destacó en algunas muestras con una concentración por encima de 0.25%, siendo el valor medio en este azúcar de 0.20%. Finalmente, el contenido polifenólico ha sido medio, sin embargo, los flavonoides están bien representados en este grupo.

El otro grupo, denominado 62, reúne 15 muestras que destacan también por su elevado contenido en *C. sativa*, pero en menor porcentaje, con un valor medio

de 55.8%. Otro tipo polínico que abunda en este grupo de muestras es *Rubus*, con un porcentaje medio de 23.0%, también *Erica*, que a pesar de su bajo valor medio (5.6%) alcanzó un valor máximo de 27.1% en una muestra. Estas muestras destacaron por su elevado contenido en elementos fúngicos, con un porcentaje medio de 43.1%, el más alto de todos los encontrados para los grupos y subgrupos. Sin embargo, la levadura *Metschnikowia* apenas se encontró. El pH y la conductividad eléctrica destacaron por su elevado valor, 4.7 y 1.02 mS/cm, respectivamente. Son mieles también oscuras que junto a las del grupo 61, incluyen las mieles gallegas más oscuras recogidas en estos tres años de estudio. Además el contenido mineral y el enzimático son también elevados.

En cuanto a los componentes polifenólicos, destaca el contenido en flavonoides, con un valor medio de 10.8 mg/100g, el más elevado de todos los grupos.

5.1.7. DIFERENCIACIÓN DE LAS MIELES ESTUDIADAS

La determinación del origen botánico de una miel es una tarea muy importante para un correcto etiquetado, que beneficiará tanto al productor como al consumidor, por la obtención de un producto diferenciado. El estudio de las características palinológicas, fisicoquímicas, y de la composición nutricional y polifenólica facilita la diferenciación entre orígenes florales.

En el apartado anterior se han estudiado las características de cada grupo de muestras establecido por el análisis de conglomerados. El análisis multivariante nos permite unificar criterios y distinguir las mieles según algunas de sus características dependientes del origen de este producto.

Al distribuir las muestras gráficamente con los dos primeros factores del análisis de componentes principales realizado se puede observar que se dispersan a lo largo de los cuatro cuadrantes, como se muestra en la figura 66.

Las muestras pertenecientes al grupo 6 según el clúster se sitúan conjuntamente en la parte izquierda del eje de abscisas. Cercano a este grupo se localizan las muestras del grupo 1, las cuales se entremezclan en la parte derecha del eje con muestras del grupo 3, 4 y 5. En la parte derecha del gráfico, el conjunto muestral se dispone más disperso, se reúnen muestras de estos tres grupos (3, 4 y 5). Aunque un pequeño grupo de muestras del 3 se diferencian en la parte derecha del cuadrante inferior. Finalmente las muestras pertenecientes al grupo 2 se posicionan en el cuadrante derecho superior.

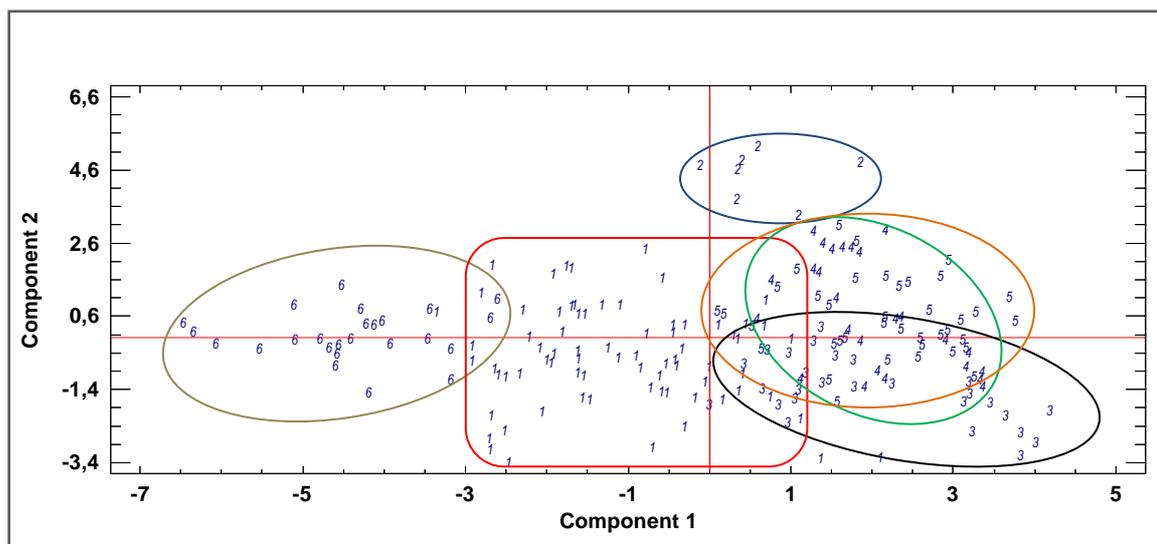


Figura 66. Gráfico de componentes principales indicando la distribución de las muestras según los grupos del análisis de conglomerados.

Por lo tanto, claramente se diferencian las muestras del grupo 6 y 2, y gran parte de las muestras del grupo 1. Por otro lado, un pequeño número de muestras del grupo 3 y también del grupo 5 se reúnen en la parte más a la derecha de la figura 66.

Analizando los grupos de forma separada, las variables que los diferencian en cada uno de ellos son principalmente:

- Grupo 1: porcentajes elevados de los pólenes de *C. sativa* y de *Rubus*. Contenido enzimático y contenido mineral elevados.
- Grupo 2: elevados porcentajes de *Erica*, acompañados del polen *C. sativa*. Color oscuro, elevado contenido en polifenoles y flavonoides, y sin embargo, bajo contenido enzimático. Ausencia del azúcar melecitosa.
- Grupo 3: porcentajes elevados de *Rubus* y *C. sativa*, y también de células de *Metschnikowia*. Color claro y contenido en polifenoles bajo.
- Grupo 4: elevado porcentaje de *C. sativa*. Contenido enzimático y de flavonoides bajo, mientras que el contenido en fructosa es elevado.
- Grupo 5: elevados porcentajes de polen de *Eucalyptus* y células de *Metschnikowia*. Color claro, y bajo contenido enzimático y del azúcar melecitosa.
- Grupo 6: elevados porcentajes de polen de *C. sativa*, HD, contenido enzimático, pH, conductividad eléctrica, color, contenido mineral y melecitosa. Sin embargo, el contenido en azúcares fructosa y glucosa es bajo.

Al tratar con mieles procedentes de una misma área geográfica, resulta difícil su diferenciación. A pesar de esto, se ha podido discriminar en función del origen botánico varios grupos de muestras que presentan características que les permite ser tipificadas como monoflorales. En la tabla 86 se resume el número de muestras tipificadas como monoflorales, así como las mieles de mielada y milflores y los grupos a los que pertenecen en el análisis de conglomerados.

Tabla 86. Tipificación de las mieles gallegas analizadas.

Tipo de miel	Grupo clúster	Número de muestras
Monofloral de castaño	111 y 61	22
Monofloral de zarza	122, 13, 3	42
Monofloral de eucalipto	5	20
Monofloral de brezo	2	7
Mielato	62	15
Milflores	112, 121, 3, 4, 5	93

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS MIELES MONOFLORALES PRODUCIDAS EN GALICIA

5.2.1. MIELES MONOFLORALES DE ZARZA

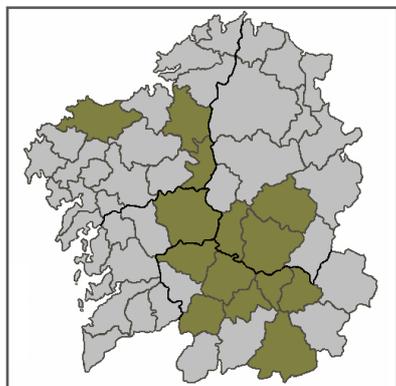


Figura 67. Origen geográfico de las mieles monoflorales de zarza en Galicia.

Un total de 42 mieles se han tipificado como mieles de zarza. La mayoría de ellas, 24 muestras, se corresponden a la cosecha del 2008, 13 muestras a la cosecha del 2009 y 5 muestras a la cosecha del 2010. Estas mieles son características del sur y centro de la provincia de Ourense (Taboadela, Allariz, Celanova y Trives) y del sur de la provincia de Lugo (comarca de Lemos, Sarria, Chantada) (Figura 67). En la provincia de A Coruña las zonas de mayor producción se encuentran en la comarca de Bergantiños, Betanzos y Melide. Mientras que en Pontevedra su producción es muy puntual, destacando la comarca de Deza como la más

productora de este tipo de miel.



Figura 68. *Rubus ulmifolius* en flor, sedimento a microscopía óptica de miel de zarza y granos de polen de *Rubus*.

El polen dominante en 34 de estas mieles es *Rubus*, con porcentajes que superan el 45%. Mientras que *C. sativa* ha sido el segundo polen dominante (Figura 69). Como pólenes acompañantes se encontraron *Erica* y *Quercus*. Otros tipos importantes fueron: *Eucalyptus*, tipo *Cytisus*, *Echium*, tipo *Trifolium*, *F. alnus*, *Salix* y tipo *Campanula*. Destacó también la presencia del tipo *C. psilosepalus* en más del 47% de las muestras, aunque el porcentaje en el espectro polínico fue bajo, inferior al 3%.

Las mieles de *Rubus* están poco estudiadas, y por tanto hay escasas citas que hagan referencia a este tipo de miel (Seijo & Jato, 1998; Valencia-Barrera *et al.*, 2000; Escuredo *et al.*, 2011; Escuredo *et al.*, 2012b). Este polen es frecuente en el espectro polínico de mieles producidas en el norte y centro de España (Gómez-Ferreras, 1990), sin embargo, es menos común en mieles del sur. Galicia destaca

por ser la principal zona productora de mieles de *Rubus* (Seijo & Jato, 1998), diferenciándose del resto de las mieles españolas de este tipo, principalmente en la ausencia de *Hedysarum coronarium*, Labiatae y *Diplotaxis erucooides* (Pérez de Zabalza, 1989; Sala-Linares, 1991; Guadalix *et al.*, 2002).

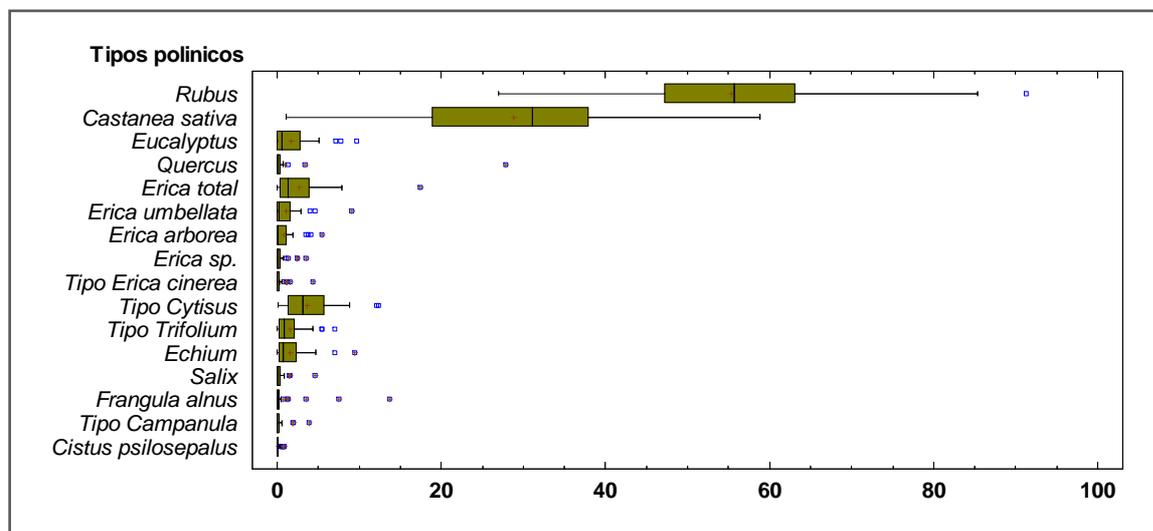


Figura 69. Tipos polínicos más importantes de las mieles de zarza.

El análisis cuantitativo indica que se trata de mieles ricas en polen, con un contenido medio superior a 25000 granos/g de miel (Tabla 87). La elevada riqueza polínica de las mieles de *Rubus* de nuestra comunidad se realiza por presentar casi siempre como polen acompañante a *C. sativa*.

Durante el análisis microscópico, se contabilizaron una gran cantidad de elementos fúngicos en el sedimento de las mieles de *Rubus*, siendo la más abundante la levadura *Metschnikowia*, que supera el 60% del total de elementos en la mayoría de las muestras de este grupo.

Las características fisicoquímicas que presentan las mieles de zarza son típicas de mieles florales, con una conductividad eléctrica y pH bajo (Tabla 87). Sin embargo, se han encontrado en mieles de la zona norte de la comunidad de Madrid mieles de zarza con valores de pH y conductividad eléctrica más elevadas (Guadalix *et al.*, 2002). El porcentaje de humedad se puede considerar medio y el contenido enzimático moderado. Los valores de la actividad diastásica coinciden con los publicados por Huidobro *et al.* (1995) en mieles de *Rubus* gallegas. El color es muy variable, aunque representa en la escala Pfund una tonalidad media ámbar (Figura 70). El intervalo de confianza para la media al 95% varió entre 84 y 99 mm Pfund.



Figura 70. Color de la miel de zarza de Galicia.

Desde el punto de vista nutritivo, son mieles que no destacan por su contenido proteico, ni en azúcares si se comparan con las demás mieles monoflorales gallegas. El contenido mineral fue moderado, es de destacar el promedio de fósforo por su valor. Los disacáridos fructosa y glucosa fueron ligeramente más bajos que en las mieles de eucalipto de este estudio. Las concentraciones de estos azúcares son similares a los encontrados en mieles monoflorales españolas de lavanda, romero, *Citrus* y de *Erica* (Mateo & Bosch-Reig, 1997, 1998), en mieles de eucalipto africanas (Terrab *et al.*, 2003) y en mieles de *Erica* portuguesas (Mendes *et al.*, 1998). Sin embargo, los oligosacáridos en las mieles gallegas fueron cuantificados en mayor concentración que en las mieles de castaño y de brezo de Galicia, sobre todo la trehalosa y la melecitosa.

Por otra parte, el contenido en compuestos polifenólicos en general fue bajo, y como consecuencia la actividad antioxidante de estas mieles poco importante. Aunque algunas mieles destacaron con un poder antioxidante medido en porcentaje de RSA por encima del 80%. Los resultados del contenido en polifenoles se asemejan a los descritos por Beretta *et al.* (2005) para mieles de *Arbutus unedo*. Saxena *et al.* (2010) para mieles indias encontraron valores de DPPH similares a las mieles de *Rubus* gallegas. En contraste con mieles de otras procedencias geográficas, se ha visto que en mieles florales checas tanto la concentración de polifenoles como la de flavonoides fue mayor (Lachman *et al.*, 2010), mientras que en mieles de acacia, girasol y tilo producidas en Rumania el contenido fue considerablemente inferior (Marghitas *et al.*, 2009).

Como se puede observar en el rango de los datos del análisis descriptivo que se resume en la tabla 87 existe variabilidad. Se ha podido distinguir 2 grupos de muestras caracterizadas como mieles de zarza. Un grupo con un color medio de 75 mm en la escala Pfund y otro con un valor medio de 110 mm. La conductividad eléctrica y el pH son considerablemente superiores en este último grupo. Lo que también ocurre en el contenido enzimático, mineral, proteínas, oligosacáridos, polifenoles y en el poder antioxidante. En general, se encontró una mayor capacidad antioxidante en muestras de miel más oscuras (Frankel *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2000; Nagai *et al.*, 2001; Gheldof & Engeseth, 2002), así como mieles con mayor contenido de agua (Frankel *et al.*, 1998; Aljadi & Kamaruddin, 2004). El color de la miel depende de la alcalinidad potencial y del contenido en cenizas, así como de la presencia de algunos pigmentos, como carotenoides y flavonoides (Frankel *et al.*, 1998). Algunos factores como la aportación de especies de la familia Ericaceae y de plantas de *Castanea* durante la producción de *Rubus*, así como la presencia de mielatos en la etapa final (Escuredo *et al.*, 2011), podría explicar el incremento acusado en el color, en el contenido mineral y conductividad eléctrica en este grupo de mieles. Además del incremento de los carbohidratos trehalosa y melecitosa, relacionado principalmente con las mieles

de mielada. Como consecuencia de todo esto, se han diferenciado entre mieles de zarza claras (grupo 3) y mieles de zarza oscuras (grupo 122 y grupo 13). Mieles más oscuras presentan un contenido mineral más elevado (Anklam, 1998; Fernández-Torres *et al.*, 2005; Osman *et al.*, 2007; Vanhanen *et al.*, 2011), además de mayor pH, contenido enzimático, polifenoles y actividad antioxidante (Estevinho *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009).

A modo de resumen, las mieles de zarza son las mieles monoflorales predominantes en Galicia, principalmente en el año 2008. La combinación polínica encontrada en todas las mieles de este tipo fue *Rubus-C. sativa*-tipo *Trifolium*- tipo *Cytisus-Erica*. Son mieles con una gran variación en el color, desde un tono ámbar a ámbar oscuro, y presentan características fisicoquímicas típicamente florales, contenido enzimático, pH y conductividad eléctrica relativamente bajas. El contenido mineral también fue variable, destacando la elevada concentración de fósforo en alguna muestra. Se ha evidenciado la contribución del alto contenido en oligosacáridos, como la maltosa, trehalosa y melecitosa, de tal forma que las mieles de este tipo son las que muestran las concentraciones más elevadas. En cuanto a los compuestos polifenólicos, son mieles con una concentración media relativamente baja, tanto de fenoles como de flavonoides, y por tanto, el promedio de la actividad antirradical del DPPH tampoco fue de las más elevadas, aunque en alguna miel destacó con valores por encima del 80%.

Tabla 87. Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de zarza gallegas.

Variable (n=52)	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
			Límite inferior	Límite superior		
<i>Rubus</i> (%)	55.3	14.6	50.8	59.9	27.0	91.3
<i>C. sativa</i> (%)	28.8	16.0	23.8	33.8	1.0	58.8
<i>Eucalyptus</i> (%)	1.7	2.3	0.9	2.4	0.0	9.7
<i>Erica</i> (%)	2.7	3.5	1.6	3.8	0.0	17.5
Granos polen/g	28088	31804	18177	37998	2678	130832
<i>Metschnikowia</i> (%)	50.2	40.6	37.6	62.9	0.0	100.0
HD (%)	9.5	12.4	5.6	13.3	0.0	48.8
Humedad (%)	17.1	0.5	17.0	17.3	16.0	18.2
pH	4.4	0.3	4.3	4.5	3.7	4.9
CE (mS/cm)	0.60	0.22	0.53	0.67	0.22	1.07
Diastasa (ID)	16.9	5.6	15.2	18.6	8.5	31.9
Invertasa (IN)	18.3	6.0	16.4	20.1	4.3	35.9
Color (mm Pfund)	94	30	85	103	39	150
Fructosa (%)	36.1	3.9	34.8	37.3	25.5	41.3
Glucosa (%)	29.6	4.0	28.3	30.8	19.5	37.7
Sacarosa (%)	0.7	1.1	0.3	1.0	Nd	4.6
Maltosa (%)	2.9	1.7	2.4	3.4	0.8	6.6
Trehalosa (%)	0.3	0.3	0.2	0.4	Nd	0.6
Melecitosa (%)	0.2	0.2	0.1	0.3	Nd	0.6
K (mg/100g)	135.3	63.1	115.7	155.0	32.8	257.9
Ca (mg/100g)	9.8	4.7	8.3	11.2	4.7	29.7
P (mg/100 g)	10.3	4.6	8.8	11.7	3.7	21.8
Na (mg/100 g)	2.7	2.3	2.0	3.4	0.9	15.1
Mg (mg/100g)	11.0	5.4	9.3	12.7	2.9	22.0
Fe (mg/100g)	0.4	0.7	0.2	0.6	0.03	4.0
∑ Minerales	169.9	74.5	146.7	193.1	48.0	318.8
Proteínas (%)	0.7	0.2	0.6	0.7	0.4	1.1
Lípidos (%)	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.14
Polifenoles (mg/100g)	85.7	28.8	76.7	94.6	33.9	154.2
Flavonoides (mg/100g)	5.7	2.1	5.1	6.4	1.7	10.5
Índice oxidación (s)	11.6	7.2	9.4	13.9	4.0	29.0
RSA (%)	51.1	22.0	44.3	58.0	14.1	92.1
IC ₅₀ (mg/ml)	11.8	7.7	9.4	14.2	4.1	35.6

5.2.2. MIELES MONOFLORALES DE CASTAÑO

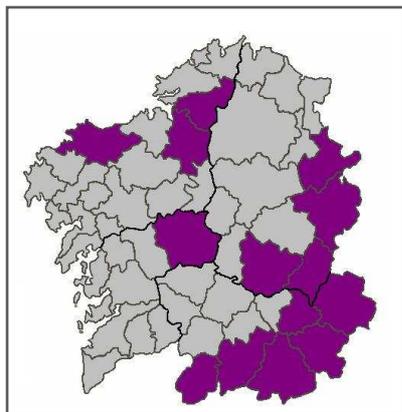


Figura 71. Origen geográfico de las mieles monoflorales de castaño en Galicia.

Un total de 22 muestras gallegas se han caracterizado como mieles monoflorales de castaño. Se corresponden con las muestras reunidas en el grupo 111 (12 muestras) y en el grupo 61 (10 muestras) del análisis de conglomerados. Fueron producidas en los tres años de estudio, concretamente 7 muestras en el 2008, 12 muestras en el 2009 y 4 muestras en el 2010. La mayor parte de estas mieles se producen en la provincia de Lugo, principalmente en las comarcas de Quiroga y A Fonsagrada (Figura 71). En la provincia de Pontevedra la principal zona de producción es la comarca del Deza, mientras que A Coruña, el norte es el lugar más adecuado. En Ourense estas mieles

se producen en las sierras de Manzaneda, en el Valle del Sil y en el límite de Ourense y Portugal.

En España la mayor parte de bosques de castaño se encuentran en la zona noroeste, siendo Galicia una importante zona de producción de mieles de castaño. En esta comunidad los castaños florecen desde finales de mayo (en la costa) hasta el mes de julio, aproximadamente, dependiendo de la altitud (Seijo & Jato, 2001). De los tres años estudiados, el 2009 fue el de mejor producción de esta especie, reflejándose en el número de muestras tipificadas como miel monofloral de castaño. Además esta especie destaca por ser un excelente recurso para las abejas, ya que tienen una elevada cantidad y calidad de néctar y polen (Ricciardelli & Persano-Oddo, 1978; Crane *et al.*, 1984; Gómez-Ferreras, 1985; Simonetti *et al.*, 1989; Valencia-Barrera, 1991). Este árbol es el recurso apícola más interesante en Galicia.



Figura 72. Castaño en flor, detalle de los amentos y grano de polen de *Castanea*.

Las mieles tipificadas como monoflorales de castaño contienen porcentajes de polen de *C. sativa* por encima del 70%, excepto una muestra, que se mantiene un poco por debajo de este porcentaje (Tabla 88). Destacan como pólenes

acompañantes *Rubus* y el género *Erica* (Figura 73), siendo las especies *E. arborea* y *E. umbellata* las más abundantes. *Eucalyptus* se ha encontrado como polen importante en mieles de este origen producidas en comarcas costeras de Pontevedra. También como polen importante puede aparecer, el tipo *Cytisus* y el tipo *Trifolium*, aunque en un número bajo de muestras. Los tipos polínicos *Quercus* y tipo *C. monogyna*, a pesar de estar en porcentajes por debajo del 3% en este tipo de miel, destacan por su porcentaje de representación, presentes en más del 50% de las mieles de castaño.

Diversos autores han caracterizado las mieles de castaño españolas, así, Valencia-Barrera (1991) estudió mieles de León con espectros polínicos similares en cuanto a las familias Fabaceae, Ericaceae, Rosaceae, Boraginaceae y Cistaceae, sin embargo, se diferencian de las muestras gallegas por la ausencia en ellas del polen de *Eucalyptus*. Sánchez-Sánchez (1982) analizó mieles de Salamanca, en ellas son importantes las familias Cistaceae y Lamiaceae y también el polen *Olea europaea*. Gómez-Ferreras (1989) tipificó mieles de castaño de las provincias de Cáceres, Zamora y Navarra, con contenidos importantes de Boraginaceae, Ericaceae, Cistaceae, Myrtaceae, Lamiaceae, Fabaceae y Rosaceae. Mientras que Luis-Villota & Gómez-Ferreras (1989) mostraron espectros similares en mieles asturianas de castaño en cuanto a las familias Ericaceae, Fabaceae y Rosaceae. Pérez de Zabalza (1989) citó mieles de castaño producidas en Navarra, que se caracterizaban por la presencia de *Rubus* y *Trifolium repens* y la ausencia de las familias Myrtaceae y Boraginaceae.

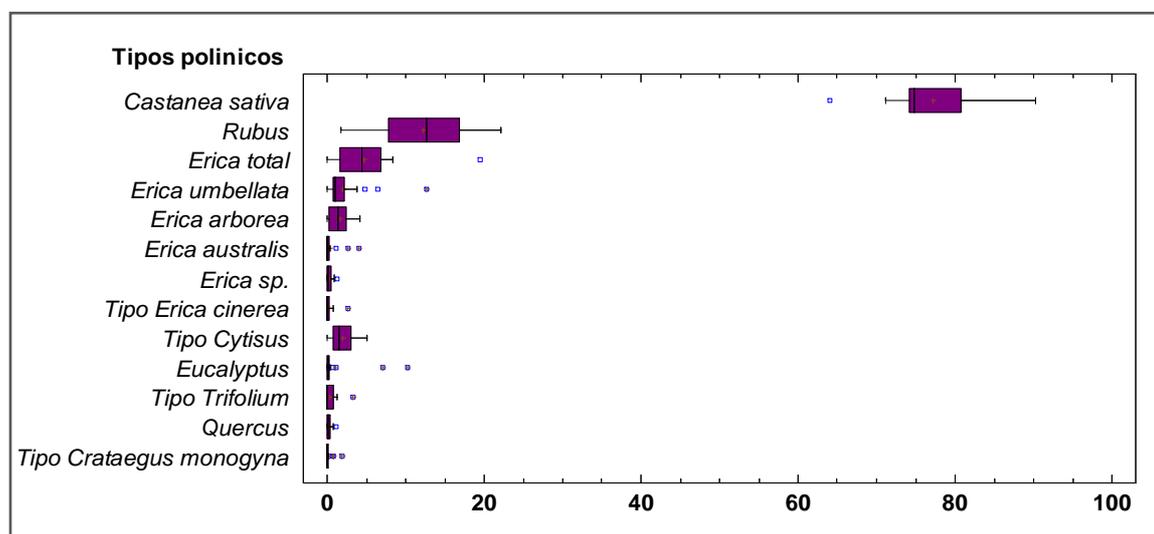


Figura 73. Tipos polínicos más importantes de las mieles de castaño.

Las mieles gallegas tipificadas como monoflorales de castaño tienen una riqueza polínica importante, con un contenido medio por encima de 30000 granos de polen/g de miel (Tabla 88). Sin embargo, los elementos de mielada y la levadura *Metschnikowia* representaron valores medios bajos.

Según algunos investigadores la producción de mielada de castaño no es muy importante en Galicia (Jato *et al.*, 1991; Seijo, 1994; Seijo & Jato, 2001). Sin embargo, en este trabajo, algunas mieles con elevado porcentaje de castaño se han diferenciado de las demás, por presentar unas características sobre todo fisicoquímicas particulares, estas son las conglomeradas en el grupo 61 del análisis clúster.

Las mieles gallegas tipificadas como monoflorales de castaño presentan elevado pH y elevada conductividad eléctrica (Tabla 88). El contenido enzimático no es muy elevado, sin embargo, los minerales totales cuantificados ascienden a una concentración media por encima de 290 mg/100g. Las muestras de este grupo presentan unas características fisicoquímicas similares a mieles de mielada, como es conductividad eléctrica por encima de 0.800 mS/cm, pH y contenido enzimático elevado. El contenido total mineral y el color encontrado en otras mieles españolas de castaño ha sido inferior (González-Miret *et al.*, 2005). Sin embargo, se han encontrado algunas diferencias fisicoquímicas con mieles de castaño francesas (Devillers *et al.*, 2004) y mieles de castaño italianas (Marini *et al.*, 2004), sobre todo en la conductividad eléctrica y pH, con valores más elevados.



Figura 74. Color de la miel de castaño de Galicia.

Por otra parte, el contenido de humedad en la miel es altamente dependiente a las condiciones climáticas y del procesado, modificando de esta forma algunas propiedades físicas, como la viscosidad y la cristalización (Bogdanov *et al.*, 2004). Las mieles gallegas de castaño presentaron un porcentaje moderado, similar a la mieles francesas analizadas por Devillers *et al.* (2004).

Desde el punto de vista nutritivo, los azúcares mayoritarios fructosa y glucosa presentaron una concentración media de 37.7% y 25.8%, respectivamente. El contenido proteico es ligeramente elevado, con una concentración media que supera el 0.90%, mientras que los lípidos como en todas las mieles analizadas apenas superan el 0.01%. Es de destacar que en el grupo 61, se encuentran mieles con características típicas de mieles de castaño que tienen un valor medio de melecitosa (0.20%) ligeramente superior al grupo 111. Es posible que este grupo de muestras, tenga un pequeño aporte de mielada que matiza sus características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales.

Las mieles de castaño presentan un contenido polifenólico destacable, con un valor medio de 133.9 mg/100g, aportando en esta concentración un importante peso la fracción de flavonoides, con un contenido medio de 8.0 mg/100g hasta un máximo de casi 12 mg/100g (Tabla 88). La actividad antioxidante de estas mieles ha superado el 50% de RSA. El IC₅₀ de las mieles de

castaño gallegas ha sido similar al de mieles de castaño producidas en África y Eslovenia, mientras que el contenido fenólico ha sido considerablemente menor (Beretta *et al.*, 2005; Bertoncej *et al.*, 2007). También se observó que el poder antioxidante de estas mieles expresado en IC₅₀ ha sido similar al de mieles de acacia de Burkina Faso (Meda *et al.*, 2005).

La importancia de estos componentes minoritarios de la miel en la tipificación floral la han demostrado numerosos investigadores. Por ejemplo, Truchado *et al.* (2009) analizaron compuestos fitoquímicos del propio néctar recogido en el estómago de las abejas y lo compararon con el perfil fenólico de mieles italianas de castaño, concluyendo en el caso de estas mieles, que los alcaloides de la quinolina pueden considerarse como posibles marcadores de este origen botánico.

En resumen, Galicia produce una importante cantidad de miel monofloral de castaño. La combinación polínica *C. sativa-Rubus*-tipo *Cytisus-Erica* estuvo presente en la totalidad de las mieles. Generalmente, estas mieles presentan una tonalidad ámbar oscura, pH, conductividad eléctrica y contenido enzimático media-alta. El contenido mineral junto al proteico es de los más elevados en mieles monoflorales de Galicia, destacando el calcio, magnesio y fósforo, y por supuesto el potasio. Los azúcares principales de la miel no son muy elevados, y los oligosacáridos identificados están en concentraciones muy bajas. Finalmente, las mieles monoflorales de castaño analizadas presentan un contenido en polifenoles y flavonoides elevado, y además fueron las de mayor poder antioxidante (expresado en %RSA y IC₅₀). Algunas mieles de castaño producidas en Galicia pueden tener pequeñas aportaciones de mielatos, como se ha observado con los resultados del análisis de la diversidad fúngica y algunas propiedades fisicoquímicas y nutricionales.

Tabla 88. Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de castaño gallegas.

Variable (n=22)	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
			Límite inferior	Límite superior		
<i>C. sativa</i> (%)	77.2	6.1	74.5	79.9	64.1	90.2
<i>Eucalyptus</i> (%)	1.0	2.6	-0.1	2.1	0.0	10.3
<i>Rubus</i> (%)	12.3	5.6	9.8	14.8	1.8	22.2
<i>Erica</i> (%)	4.7	4.2	2.9	6.6	0.0	19.5
Granos polen/g	32503	19471	23870	41136	7812	71939
<i>Metschnikowia</i> (%)	14.9	26.9	3.0	26.8	0.0	93.8
HD (%)	8.1	13.0	2.3	13.8	0.0	40.0
Humedad (%)	18.2	1.0	17.8	18.7	16.6	20.2
pH	4.7	0.3	4.6	4.9	4.2	5.2
CE (mS/cm)	0.90	0.21	0.81	1.00	0.56	1.26
Diastasa (ID)	18.8	6.2	16.1	21.6	10.0	32.3
Invertasa (IN)	20.1	4.2	18.2	22.0	13.0	29.6
Color (mm Pfund)	132	19	123	141	84	150
Fructosa (%)	37.7	2.6	36.5	38.9	33.3	43.7
Glucosa (%)	25.8	2.7	24.6	27.0	21.3	30.5
Sacarosa (%)	0.2	0.4	0.0	0.3	Nd	1.6
Maltosa (%)	1.4	0.7	1.1	1.7	0.7	3.5
Trehalosa (%)	0.05	0.14	-0.01	0.12	Nd	0.52
Melecitosa (%)	0.09	0.17	0.02	0.17	Nd	0.59
K (mg/100g)	248.3	66.8	218.7	278.0	156.0	377.0
Ca (mg/100g)	16.5	10.8	11.7	21.3	6.8	48.1
P (mg/100 g)	10.4	6.1	7.7	13.2	4.5	23.1
Na (mg/100 g)	4.4	1.9	3.6	5.2	1.8	7.9
Mg (mg/100g)	12.1	8.9	8.2	16.1	3.0	31.0
Fe (mg/100g)	0.4	0.2	0.3	0.5	0.1	0.7
∑ Minerales	292.6	77.1	258.4	326.8	185.2	438.8
Proteínas (%)	1.0	0.2	0.9	1.1	0.6	1.4
Lípidos (%)	0.02	0.03	0.01	0.03	0.00	0.07
Polifenoles (mg/100g)	133.9	27.3	121.8	146.0	84.8	190.3
Flavonoides (mg/100g)	8.0	2.1	7.0	8.9	4.4	11.4
Índice oxidación (s)	6.2	2.7	5.0	7.4	3.0	13.5
RSA (%)	57.1	17.3	49.4	64.8	30.3	91.4
IC ₅₀ (mg/ml)	7.3	2.7	6.1	8.5	4.4	14.9

5.2.3. MIELES MONOFLORALES DE EUCALIPTO

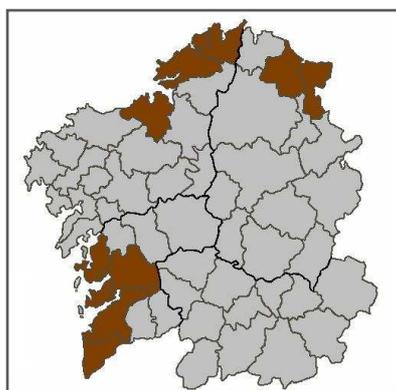


Figura 75. Origen geográfico de las mieles monoflorales de eucalipto en Galicia.

Se han tipificado como mieles monoflorales de eucalipto 20 muestras, incluidas en el grupo 5 del análisis de conglomerados. Estas muestras se han caracterizado por presentar los porcentajes más elevados en el tipo polínico *Eucalyptus*. Se ha analizado detalladamente cada muestra de este grupo, y hemos podido constatar 20 mieles con características de miel de eucalipto. Todas ellas se produjeron en el año 2009, excepto dos muestras en el 2008 y una en el 2010. *Eucalyptus* es una especie muy variable en fenología y por tanto en producción de néctar, y sólo aquellas plantaciones

más maduras y estables, ubicadas en lugares de clima más benigno aseguran una buena producción de miel de eucalipto (Seijo, 1994; Seijo & Jato, 1998). Los principales lugares de producción en nuestra comunidad son: las Rías Baixas (Vigo, Pontevedra, Baixo Miño, O Salnés) en Pontevedra, y la comarca de A Mariña Central en Lugo (Figura 75). Un número minoritario de muestras proceden de la provincia de A Coruña, concretamente en las comarcas de Bergantiños y Ortegal.

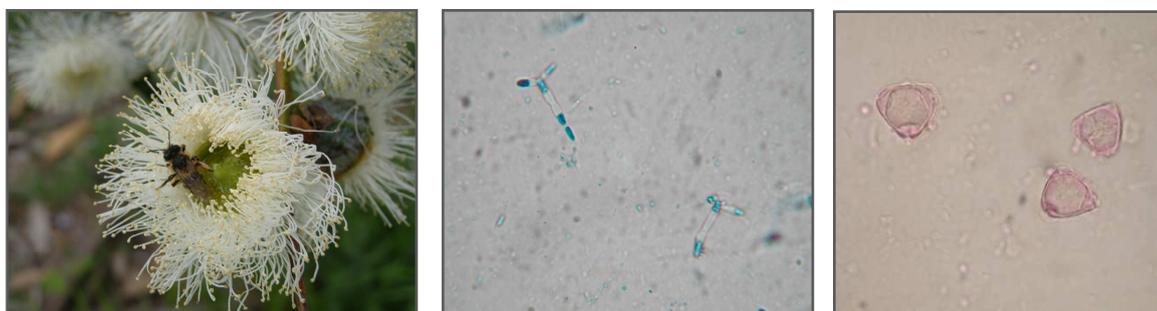


Figura 76. *Eucalyptus globulus* en flor, *Metschnikowia* y grano de polen de *Eucalyptus*.

Los tipos polínicos acompañantes en las mieles de eucalipto de Galicia son *C. sativa*, *Salix* y tipo *Cytisus* (Figura 77). Además son pólenes que están presentes en la totalidad de las muestras junto al género *Erica*. *Erica*, *Rubus*, *Quercus*, *Lithodora*, tipo *Conium maculatum*, tipo *Brassica*, *Echium* y *Acacia* fueron pólenes importantes. Aunque algunos de ellos aparecen en esta categoría de forma ocasional, como es el caso de tipo *Conium maculatum*, tipo *Brassica*, *Echium* o *Acacia*.

Según las características palinológicas estas mieles son diferentes a otras mieles españolas, por la ausencia de combinaciones polínicas de *Cistus ladanifer*, *Lavandula*, *Olea europaea*, *Helianthus annuus*, así como de otros marcadores de carácter mediterráneo (Sala-Llinares, 1991; Seijo *et al.*, 1998). Portugal produce

gran cantidad de mieles de eucalipto y los pólenes más frecuentes coinciden con los pólenes mejor representados de las mieles gallegas, debido a su proximidad geográfica (Seijo *et al.*, 2003; Feás *et al.*, 2010).

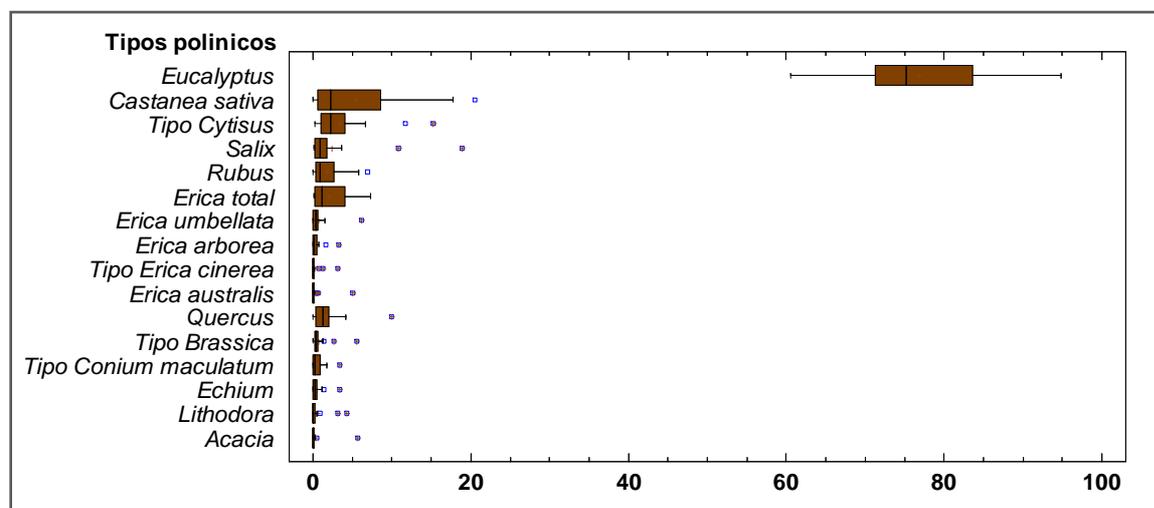


Figura 77. Tipos polínicos más importantes de las mieles de eucalipto.

Las mieles de eucalipto tienen menor riqueza polínica que las mieles de castaño, con un valor medio por encima de 10000 granos/g de miel (Tabla 89). Además presentaron un elevado contenido en *Metschnikowia*, con un porcentaje medio de 52.3%, el más elevado de todas las mieles monoflorales tipificadas, sin embargo, el contenido de esporas patógenas de plantas es muy bajo o prácticamente nulo. Esto confirmaría la importancia de esta levadura en las mieles monoflorales de eucalipto.

Los atributos fisicoquímicos de este grupo de muestras se caracterizan principalmente por su bajo pH y conductividad eléctrica (Tabla 89). Además de poseer un bajo contenido enzimático y color bastante claro a diferencia de las demás mieles monoflorales, con un valor medio en la escala Pfund de 75 mm (Figura 78). Sin embargo, la escala de colores varió desde un tono ámbar claro hasta ámbar. Los valores medios obtenidos en pH, conductividad e invertasa han sido similares a mieles de eucalipto del sur de la Península Ibérica, aunque en éstas la diastasa cuantificada fue considerablemente superior (Serrano *et al.*, 2004). Las mieles de eucalipto italianas presentaron valores de pH y conductividad similares, mientras que el color fue más claro y el contenido diastásico muy superior (Marini *et al.*, 2004). Son varios los trabajos que incluyen análisis fisicoquímicos de este tipo de miel (Terrab *et al.*, 2003; Malika *et al.*, 2005; Marchini *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2009; Féas *et al.*, 2010; Makhloufi *et al.*, 2010), y en general, los resultados son similares a los



Figura 78. Color de la miel de eucalipto de Galicia.

obtenidos en este trabajo. La conductividad eléctrica se ha utilizado para discriminar entre mieles monoflorales de eucalipto y mieles milflores portuguesas (Silva *et al.*, 2009). La importancia del pH en la discriminación de mieles fue propuesto por Terrab *et al.* (2002) en mieles de eucalipto, *Citrus*, *Lythrum*, *Apiaceae* y mieles de mielada y por Sanz *et al.* (2004) en mieles de *Echium*. Este parámetro, también se ha utilizado en algunos trabajos para complementar el estudio de variables fisicoquímicas, como el contenido enzimático, conductividad eléctrica o color, entre otros.

En cuanto a la composición nutricional, las mieles de eucalipto gallegas estudiadas se caracterizan por presentar concentraciones más bajas de proteínas, minerales y azúcares con respecto a otras mieles monoflorales. Notablemente inferior es el contenido en oligosacáridos. Varios investigadores hacen referencia al bajo contenido de sacarosa y trisacáridos en mieles de eucalipto, significativamente diferente a otras mieles monoflorales españolas (Serra-Bonvehí *et al.*, 1987; Serra-Bonvehí & Cañas-Lloria, 1988; Serra-Bonvehí, 1989). El contenido mineral ha sido más elevado que en otras mieles de eucalipto españolas (González-Miret *et al.*, 2005). Con respecto a la concentración de fructosa y glucosa es similar al de otras mieles españolas de eucalipto (Martínez-Gómez *et al.*, 1993; Mateo & Bosch-Reig, 1997; Serrano *et al.*, 2004).

Estas mieles son las de menor contenido polifenólico, y también menor porcentaje de decoloración de DPPH expresado en %RSA o IC₅₀. Como ya se ha comentado, existe una estrecha relación entre el color de la miel y los compuestos con propiedades antioxidantes, como son los polifenoles. Las mieles de eucalipto tienen una tonalidad clara y por tanto la actividad antioxidante es baja. Estos resultados fueron confirmados desde hace años, por diversos investigadores, en mieles de otro origen botánico pero de tonalidades también claras (Beretta *et al.*, 2005; Bertoncelej *et al.*, 2007; Estevinho *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009; Escuredo *et al.*, 2012b).

En resumen, las mieles de eucalipto gallegas se caracterizan por presentar una combinación polínica de *Eucalyptus-Erica*-tipo *Cytisus-Salix-Rubus-C. sativa*. El análisis microscópico también ha permitido contabilizar un número elevado de células de *Metschnikowia* en estas mieles. Las características fisicoquímicas que las diferencian de las demás mieles monoflorales gallegas son su bajo pH, conductividad eléctrica y contenido enzimático, y una tonalidad ámbar claro. Los componentes nutricionales mayoritarios como son la glucosa y fructosa tuvieron un contenido medio si lo comparamos con las demás mieles monoflorales de Galicia, pero la concentración de oligosacáridos fue baja, y en el caso de la melecitosa no se ha cuantificado en ninguna miel de este origen botánico. Por otro lado, la composición polifenólica fue considerablemente inferior a las demás mieles, así como la actividad antioxidante.

Tabla 89. Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de eucalipto gallegas.

Variable (n=20)	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
			Límite inferior	Límite superior		
<i>Eucalyptus</i> (%)	76.8	9.4	72.4	81.2	60.5	94.8
<i>C. sativa</i> (%)	5.4	6.7	2.3	8.5	0.0	20.5
<i>Rubus</i> (%)	1.8	2.1	0.8	2.8	0.0	6.9
<i>Erica</i> (%)	2.0	2.3	1.0	3.1	0.1	7.3
Granos polen/g	13753	9058	9513	17992	2203	35700
<i>Metschnikowia</i> (%)	55.5	35.4	38.9	72.0	0.0	93.9
HD (%)	4.6	6.8	1.5	7.8	0.0	20.0
Humedad (%)	17.6	1.0	17.1	18.1	16.2	20.8
pH	4.3	0.2	4.2	4.4	4.0	4.6
CE (mS/cm)	0.47	0.08	0.44	0.51	0.38	0.66
Diastasa (ID)	12.1	2.6	10.9	13.4	7.1	18.5
Invertasa (IN)	14.4	2.4	13.2	15.5	9.3	20.0
Color (mm Pfund)	74	22	68	88	53	96
Fructosa (%)	38.5	2.8	37.1	39.8	35.0	44.0
Glucosa (%)	26.2	3.0	24.8	27.6	21.1	31.8
Sacarosa (%)	0.2	0.4	0.1	0.4	Nd	1.6
Maltosa (%)	1.7	0.4	1.5	1.9	0.8	2.5
Trehalosa (%)	0.03	0.12	-0.03	0.09	Nd	0.55
Melecitosa (%)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
K (mg/100g)	101.6	22.3	91.1	112.0	75.4	172.5
Ca (mg/100g)	12.5	8.5	8.6	16.5	5.6	45.9
P (mg/100 g)	4.4	1.1	3.9	4.9	3.0	6.7
Na (mg/100 g)	9.6	5.6	7.0	12.2	3.6	20.2
Mg (mg/100g)	2.2	0.5	2.0	2.4	1.6	3.0
Fe (mg/100g)	1.2	2.1	0.2	2.2	0.1	8.9
∑ Minerales	131.9	27.9	118.9	145.0	105.3	214.0
Proteínas (%)	0.6	0.1	0.6	0.7	0.4	0.8
Lípidos (%)	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.06
Polifenoles (mg/100g)	75.6	38.6	57.6	93.7	38.1	173.1
Flavonoides (mg/100g)	4.4	1.4	3.7	5.0	2.1	7.1
Índice oxidación (s)	14.5	4.5	12.4	16.6	8.5	27.0
RSA (%)	24.2	10.8	19.1	29.2	7.0	49.0
IC ₅₀ (mg/ml)	20.0	14.0	13.5	26.6	8.9	70.1

5.2.4. MIELES DE MIELADA

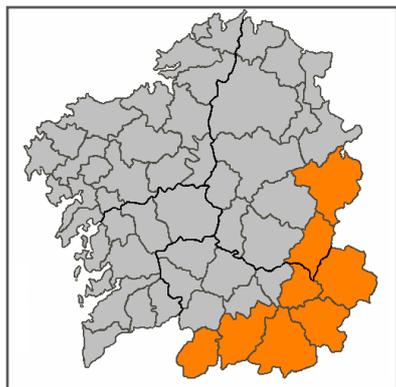


Figura 79. Origen geográfico de las mieles de mielada en Galicia.

Un conjunto de 15 muestras se han clasificado como mieles de mielada, y se corresponden con el grupo 62 del análisis clúster. Estas mieles proceden de la zona sureste de la provincia de Ourense (comarca de Viana, Valdeorras, Verín, Baixa Limia, A Limia y zonas altas de Trives) y un número menor de muestras en los Ancares y Quiroga en la provincia de Lugo (Figura 79). Además todas ellas se corresponden con mieles producidas en el año 2009, a excepción de una miel que fue producida en 2010. La mayor zona de producción de mieles de mielada en España se corresponde con el piso

montano de la zona central (Orantes & Gómez-Pajuelo, 2007) y proceden de secreciones azucaradas no florales de las plantas de encinas, alcornoques y robles fundamentalmente.



Figura 80. Abejas recogiendo mielatos, *Alternaria* y Urediniosporas.

El polen dominante en la mayoría de las mieles de mielada gallegas ha sido *C. sativa*, con un valor medio de 55.8% (Tabla 90). También se han encontrado como polen dominante el tipo polínico *Rubus* y tipo *Cytisus* pero de forma puntual, mientras que *Erica* se ha encontrado como acompañante (Figura 81). Otros pólenes importantes en estas mieles han sido *Echium*, *Eucalyptus*, tipo *C. monogyna* y *F. alnus*. Valencia-Barrera (1991) indica que en la miel de mielada de León el polen dominante es el tipo *G. florida* y el polen acompañante *Lotus*.

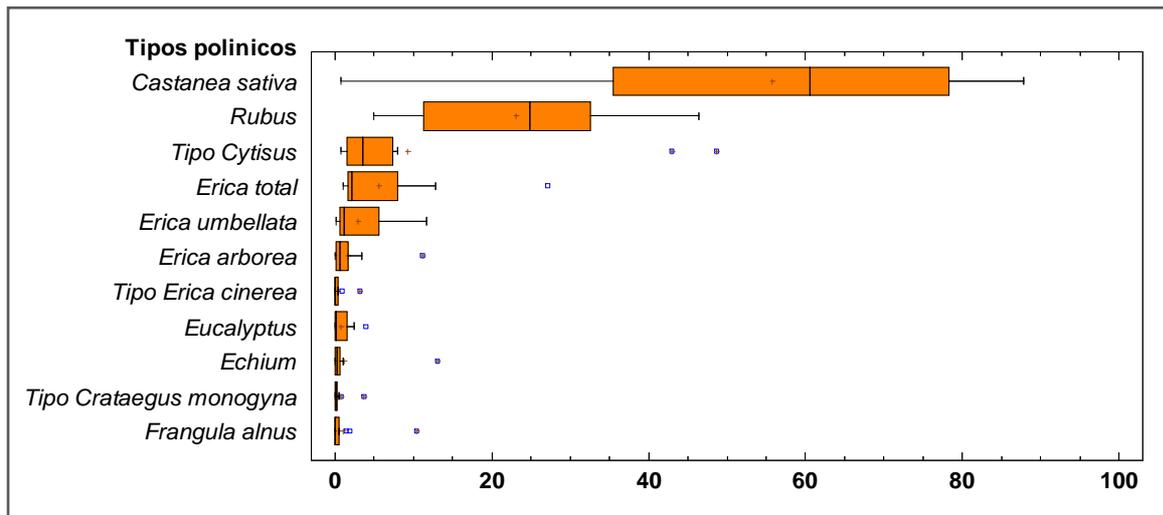


Figura 81. Tipos polínicos más importantes de las mieles de mielada.

Con respecto a la riqueza polínica el promedio en este tipo de miel supera los 20000 granos/g de miel (Tabla 90), similar a las mieles de zarza de la comunidad y a las mieles de mielada de Madrid (Guadalix *et al.*, 2002). Sin embargo, la densidad polínica de mieles de mielada de León fue significativamente más baja (Valencia-Barrera, 1991).

Las muestras incluidas en este grupo se diferencian porque todas contienen elevada cantidad de elementos fúngicos en sus sedimentos (HD), representando un valor medio de HD por encima del 40%. Las abejas recolectan mielatos de partes verdes de las plantas y al mismo tiempo, pueden recolectar otras estructuras, como hifas o esporas fúngicas patógenas de plantas y microalgas (Escuredo *et al.*, 2012a). Magyar *et al.*, (2005) indican que algunos conidios presentes en la miel pueden ser útiles para diferenciar miel floral de miel de mielada y que además aportan información micológica importante de la región de origen del producto. El elevado contenido de estos elementos (HD) en este tipo de miel fue mencionado recientemente por diversos autores (Pérez-Atanes *et al.*, 2001; Guadalix *et al.*, 2002; Tsigouri *et al.*, 2004; Dimou *et al.*, 2006; Escuredo *et al.*, 2012a). Sin embargo, el contenido en la levadura *Metschnikowia* en estas mieles es bajo.

Por otra parte, presentan unas características fisicoquímicas propias de mieles de mielada (White, 1975; Persano-Oddo *et al.*, 1986; Campos *et al.*, 2001; Díez *et al.*, 2004; Sanz *et al.*, 2005; Soria *et al.*, 2005; Bentabol *et al.*, 2011). Las características de las mieles de mielato gallegas se describen en la tabla 90. Destaca el contenido enzimático y el pH considerablemente elevado y la conductividad eléctrica por encima de 0.8 mS/cm. El color ha estado comprendido entre valores de 108 y 150 mm en la escala Pfund. Entre los parámetros fisicoquímicos de varias mieles monoflorales francesas (Devillers *et*

al., 2004), la conductividad eléctrica y el pH tuvieron mayor poder discriminante en la clasificación de las muestras según su origen botánico. Así, las mieles de abeto y de castaño presentaron una conductividad eléctrica, pH y color similares a las del grupo 6 establecido por el análisis de conglomerados. Destacable es el resultado aportado por Bentabol *et al.* (2011) en la diferenciación entre mieles de mielada y mieles de flores usando análisis multivariante, en las que la conductividad eléctrica, el pH y el contenido en invertasa tuvieron un peso importante.



Figura 82. Color de la miel de mielada de Galicia.

El contenido mineral total es el más elevado en comparación con las otras mieles monoflorales estudiadas, presentando un aporte considerable de potasio, calcio, magnesio y fósforo. Este resultado coincide con el publicado por González-Miret *et al.* (2005) en mieles españolas, que además señala la elevada correlación con el color de la miel, evidenciando el elevado contenido mineral en mieles más oscuras, como son las de castaño, brezo o de mielada. Madejczyk & Baralkiewicz (2008) presentaron datos de concentraciones similares de potasio, hierro y sodio en mieles de mielada de Polonia, pero sin embargo, el contenido de magnesio fue inferior. En mieles de mielada procedentes de Marruecos se encontró un contenido similar de hierro al de las mieles de mielato gallegas, mientras que el de magnesio y potasio fue ligeramente inferior (Terrab *et al.*, 2003).

Sin embargo, el contenido en azúcares de este grupo es el más bajo, al igual que en otras mieles de mielato españolas (Mateo & Bosch-Reig, 1997; León-Ruiz *et al.*, 2011) o del noroeste de Marruecos (Terrab *et al.*, 2003), ya que la fructosa y la glucosa, están en concentraciones más bajas. Según Földházi (1994) las mieles de mielada generalmente presentan bajos contenidos de fructosa y glucosa y elevados niveles de oligosacáridos, principalmente de melecitosa o erlosa.

La fracción de oligosacáridos de las mieles de mielato está compuesta por un gran número de componentes (Weston & Brocklebank, 1999), y desde hace tiempo, la melecitosa, en particular, se incluye como rasgo característico de este tipo de miel (Doner, 1977). Las mieles de mielato estudiadas contienen este trisacárido, aunque en menor concentración que otras mieles de mielada producidas en otras regiones de España (Mateo & Bosch-Reig, 1997) y de otros países como Rumania (Marghitas *et al.*, 2009), Marruecos (Terrab *et al.*, 2003), Croacia o Macedonia (Primorac *et al.*, 2009).

El contenido proteico es de los más importantes en los grupos de muestras tipificadas como monoflorales, junto a las mieles de castaño. La mielada es un extracto producido por áfidos que perforan la savia elaborada del floema, que es

rica en nutrientes, especialmente en ácidos aminados (Magyar *et al.*, 2005). Los lípidos en estas mieles se mantuvieron por debajo de 0.05%.

Finalmente las mieles de mielada presentan unas características polifenólicas interesantes, sobre todo por el contenido en flavonoides y la actividad antioxidante, con una concentración media de 10.8 mg/100g y 73% de RSA, respectivamente. Una importante actividad antiradical se ha obtenido también en mieles de mielada producidas en otras regiones españolas, al igual que el elevado contenido polifenólico (Vela *et al.*, 2007). Marghitas *et al.* (2009) comprobó la mayor concentración de estos componentes bioactivos en mieles de mielada que en mieles florales de acacia, girasol o tilo procedentes de Rumania. Lo mismo ha ocurrido con mieles de Burkina Faso (Meda *et al.*, 2005) o mieles checas (Lachman *et al.*, 2010).

Resumiendo, las mieles de mielada gallegas se producen en una zona geográfica concreta (sureste de Galicia). Son mieles poco frecuentes en esta comunidad, y de los tres años estudiados, fueron producidas en su mayoría en el año 2009. Tienen un espectro polínico similar al de las mieles de castaño, y en ellas la combinación polínica *C. sativa-Erica*-tipo *Cytisus-Rubus* aparece en el 100% de las muestras. Se diferencian de las mieles de néctar por la abundancia de elementos conidiales de patógenos de plantas y la ausencia total de la levadura *Metschnikowia*. Suelen ser mieles oscuras, con unas propiedades fisicoquímicas diferenciables de mieles florales, como son el pH, la conductividad eléctrica y contenido enzimático elevado. Desde el punto de vista nutricional, son las mieles de menor aporte hidrocarbonado, pero de mayor aporte proteico y mineral, además de contener una fracción polifenólica y una actividad antioxidante de gran interés.

Tabla 90. Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles de mielada gallegas.

Variable (n=15)	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
			Límite inferior	Límite superior		
<i>C. sativa</i> (%)	55.8	26.4	41.2	70.4	0.8	87.9
<i>Rubus</i> (%)	23.0	13.1	15.8	30.3	4.9	46.4
<i>Erica</i> (%)	5.6	6.9	1.8	9.4	1.1	27.1
<i>Eucalyptus</i> (%)	0.8	1.2	0.1	1.4	0.0	3.9
Granos polen/g	23822	26050	9396	38249	2006	104846
<i>Metschnikowia</i> (%)	1.4	2.7	-0.1	2.9	0.0	8.3
HD (%)	43.1	23.6	30.0	56.1	10.0	100.0
Humedad (%)	16.8	0.9	16.3	17.3	15.5	18.6
pH	4.7	0.2	4.6	4.8	4.3	5.1
CE (mS/cm)	1.02	0.13	0.94	1.09	0.78	1.20
Diastasa (ID)	21.5	4.1	19.2	23.7	14.6	27.3
Invertasa (IN)	24.4	3.7	22.4	26.5	18.5	31.9
Color (mm Pfund)	143	12	137	150	108	150
Fructosa (%)	35.1	3.8	33.0	37.2	27.8	42.1
Glucosa (%)	24.5	1.9	23.5	25.6	22.0	27.8
Sacarosa (%)	0.3	0.2	0.2	0.5	0.0	0.8
Maltosa (%)	1.3	0.2	1.1	1.4	0.8	1.7
Trehalosa (%)	0.05	0.11	-0.01	0.11	Nd	0.34
Melecitosa (%)	0.07	0.10	0.02	0.13	Nd	0.22
K (mg/100g)	263.7	49.5	236.3	291.1	168.6	340.9
Ca (mg/100g)	16.6	7.0	12.7	20.5	9.9	36.3
P (mg/100 g)	19.3	6.1	15.9	22.7	10.8	31.5
Na (mg/100 g)	3.3	1.2	2.7	4.0	2.0	5.7
Mg (mg/100g)	24.8	8.0	20.3	29.2	13.3	40.2
Fe (mg/100g)	0.5	0.2	0.4	0.6	0.2	0.7
∑ Minerales	328.6	59.6	295.6	361.6	217.3	419.6
Proteínas (%)	1.1	0.1	1.0	1.2	0.8	1.3
Lípidos (%)	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.04
Polifenoles (mg/100g)	159.0	23.7	145.8	172.1	123.7	217.3
Flavonoides (mg/100g)	10.8	1.6	9.9	11.7	7.9	14.3
Índice oxidación (s)	4.8	1.0	4.3	5.4	3.0	7.0
RSA (%)	73.0	9.6	67.7	78.3	55.7	83.0
IC ₅₀ (mg/ml)	6.4	2.3	5.1	7.6	4.3	10.8

5.2.5. MIELES MONOFLORALES DE BREZO

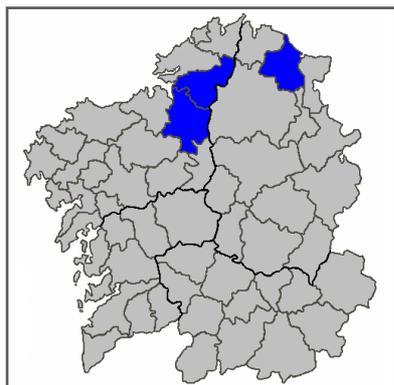


Figura 83. Origen geográfico de las mieles monoflorales de brezo en Galicia.

Las mieles tipificadas como monoflorales de brezo fueron 7, y se corresponden con las muestras aglutinadas en el grupo 2 del análisis de conglomerados. Todas ellas se caracterizan por contener porcentajes del género *Erica* superiores al 22%, con un porcentaje medio de 38.2% (Tabla 91). En la cosecha del 2008 se han producido 3 muestras, otras 3 en la del 2009 y solo 1 muestra en la del 2010.

Las principales zonas de producción en Galicia se corresponden con las comarcas de la Mariña Central en Lugo, y Betanzos y Eume en A Coruña (Figura 83). Los brezales son formaciones vegetales abundantes en las zonas silíceas de nuestra Península. Forman masas importantes, que cubren grandes zonas, abundando más o menos unas u otras especies en función de la climatología, el suelo, etc (Gómez-Pajuelo, 2004). Además la familia Ericaceae incluye múltiples especies, muy apreciadas por su néctar y polen (Arroyo & Herrera, 1988; Montero & Tormo, 1990), siendo *E. umbellata*, *E. cinerea*, *E. australis* y *E. arborea*, las más abundantes en Galicia.

La producción de mieles de brezo es escasa en relación a la extensión que ocupa el matorral en Galicia. Esto puede ser debido, a que los brezos más importantes (*E. cinerea*, *E. arborea* y *E. umbellata*) florecen en etapas tempranas en dónde las abejas no están plenamente desarrolladas y por tanto no pueden dedicarse masivamente al pecoreo (Seijo, 1994). La mayor parte del néctar recogido al principio de temporada se destina a la alimentación de la colonia y no se almacena.



Figura 84. *Erica umbellata* y *Erica cinerea* en flor, granos de polen.

Por otro lado, algunos palinólogos mencionan la infrarrepresentación del polen de *Erica* en las mieles de brezo españolas. Esto es debido a su morfología, los granos de polen de este género se presentan reunidos en tétradas y por tanto aparecen infrarrepresentados en la miel. Luis-Villota *et al.* (1993) estudiaron mieles asturianas que presentaron características organolépticas típicas de mieles de brezo, con un porcentaje de representación del género *Erica* inferior a 45%.

En las muestras de este grupo, *E. cinerea* y *C. sativa* han alcanzado la categoría de polen dominante (Figura 85), mientras que el tipo *Cytisus*, otras *Erica* y *Eucalyptus* fueron contabilizadas como pólenes acompañantes. Otros tipos polínicos de interés fueron *Rubus* y *Echium*.

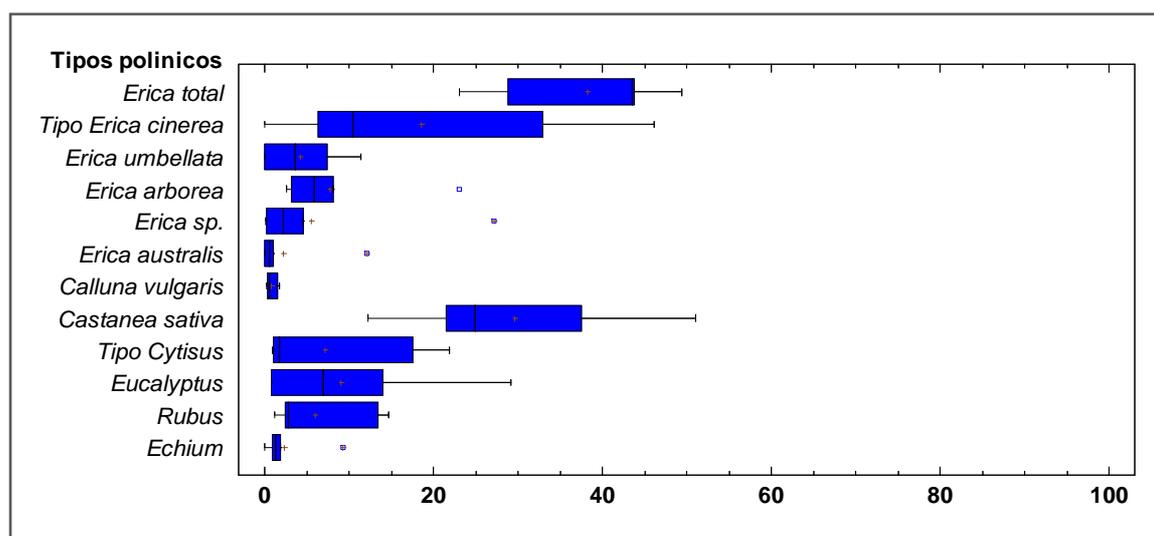


Figura 85. Tipos polínicos más importantes de las mieles de brezo.

La presencia de tipos polínicos de la familia Ericaceae es importante en mieles españolas (Espada, 1984; Pérez de Zabalza, 1989; Sala-Llinares, 1991; Mateu-Andrés *et al.*, 1993; Luis-Villota *et al.*, 1994; Herrero & Valencia-Barrera, 1998; Valencia-Barrera *et al.*, 2000; Serna-Ramos & Gómez-Ferreras, 2006), debido fundamentalmente al periodo de floración, que se produce desde marzo a diciembre según la especie. Aunque destacan en producción el norte peninsular, principalmente la cornisa cantábrica, y la comunidad de Galicia y Castilla-León.

Las diferencias más importantes con las mieles gallegas en la caracterización palinológica, es la ausencia o baja presencia de pólenes de Labiatae y Cistaceae en sus espectros polínicos (Gómez-Ferreras, 1989; Luis-Villota *et al.*, 1993; Valencia-Barrera *et al.*, 1994; Seijo, 1994; Valencia-Barrera *et al.*, 2000). En la Isla de Gran Canaria también se producen mieles monoflorales de *Erica*, y la especie dominante es principalmente *E. arborea* (Serna-Ramos & Gómez-Ferreras, 2006). Sin embargo, el espectro polínico de estas mieles es muy diferente a las mieles gallegas, ya que presentan especies endémicas como *Kleinia neriifolia* o

Chamaecytisus proliferus (Serna-Ramos & Gómez-Ferrerías, 2006). El norte de Portugal produce una gran cantidad de mieles monoflorales de brezo y sus espectros polínicos tienen un perfil similar al de las mieles gallegas, debido a su cercanía al territorio gallego. Predominan en estas mieles monoflorales portuguesas especies de *Erica* fundamentalmente, acompañadas de los pólenes de *Rubus*, *Eucalyptus* y tipo *Trifolium* (Aira *et al.*, 1998; Andrade *et al.*, 1999; Pires *et al.*, 2009).

Las mieles de brezo estudiadas poseen un contenido en polen bajo y no contienen elementos fúngicos en sus sedimentos, sólo en una miel se han encontrado levaduras de *Metschnikowia*.

Las características fisicoquímicas de estas mieles de brezo se presentan en la tabla 91. El pH y la conductividad eléctrica son bajos, mientras que el color se aproxima a tonos oscuros, con un valor medio de 127 mm Pfund. Estos resultados coinciden con los obtenidos para mieles de brezo producidas en Francia (Devillers *et al.*, 2004) y en Italia (Marini *et al.*, 2004), a excepción del color, que presentan valores más bajos. Las mieles de brezo del norte de Portugal (Andrade *et al.*, 2009; Pires *et al.*, 2009) y centro de Portugal (Silva *et al.*, 2009) presentaron características fisicoquímicas similares, aunque el contenido en diastasas fue considerablemente mayor en las mieles del norte portugués. En general, las mieles gallegas de brezo tuvieron un contenido enzimático bajo, siendo el más bajo de todas las mieles monoflorales caracterizadas en este trabajo. También el contenido en diastasas de mieles de *Erica* producidas en Italia fue bajo, permitiendo diferenciarlas de otras mieles de la región (Marini *et al.*, 2004).



Figura 86. Color de la miel de brezo de Galicia.

El contenido mineral es relativamente bajo si lo comparamos con los resultados obtenidos para las mieles de castaño o de mielada, presentando la concentración media menor de las monoflorales tipificadas. Estos resultados fueron similares a los reportados por González-Miret *et al.* (2005) en mieles españolas de brezo. Sin embargo, en las mieles gallegas estudiadas ha destacado el elevado contenido de sodio, ya que muchas de ellas proceden de áreas próximas a la costa.

El porcentaje de fructosa es notablemente superior al de otras mieles monoflorales gallegas como por ejemplo las de zarza (Tabla 91), mientras que el contenido en glucosa es similar al cuantificado en las mieles de castaño. Con respecto a los carbohidratos minoritarios, destacar que no se ha cuantificado la trehalosa, ni tampoco la melecitosa, lo mismo ha sucedido en mieles de brezo francesas (Devillers *et al.*, 2004). Aunque cabe señalar la concentración media de

sacarosa, que ha sido la más elevada de las mieles monoflorales tipificadas en Galicia en este trabajo.

El contenido polifenólico tiene un valor medio superior a 200 mg/100g (Tabla 91). En los análisis estadísticos realizados en este trabajo se ha observado su elevada correlación con el polen de *Erica*. El valor de IC₅₀ fue el más bajo en relación al resto de las mieles monoflorales tipificadas. El contenido polifenólico y la capacidad antioxidante de las plantas de la familia Ericaceae ha sido previamente mencionado por diversos autores (Ay *et al.*, 2007; Nazemiyeh *et al.*, 2008; Luis *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2009; Pavlović *et al.*, 2009). La relación entre el color y el contenido polifenólico en las mieles analizadas concuerda con lo mencionado por otros autores (Estevinho *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009), quienes confirman el elevado contenido de estos compuestos en mieles oscuras, coincidiendo con aportaciones de especies de la familia Ericaceae (Ferreira *et al.*, 2009). En general, mieles oscuras con predominio del néctar de *Erica* revelan mejores propiedades antioxidantes por el método DPPH-IC₅₀, es decir bajos valores de IC₅₀ (Estevinho *et al.*, 2008).

En resumen, las mieles tipificadas como de brezo en Galicia, tienen un espectro polínico constituido principalmente por *Erica-C. vulgaris-C. sativa*-tipo *Trifolium*-tipo *Cytisus-Eucalyptus-Plantago-Rubus*. El polen de *Erica* aparece infrarrepresentado. Por este motivo, es importante una combinación de diferentes procedimientos analíticos para la caracterización de ciertos tipos de miel. Estas mieles se caracterizan por un bajo contenido enzimático, pH y conductividad eléctrica, pero presentan una tonalidad oscura. En general el contenido mineral y proteico es bajo, destacando la concentración de sodio con respecto a las otras mieles monoflorales y de calcio con respecto a las mieles de zarza y eucalipto. Además, de los componentes analizados en esta *Tesis Doctoral*, el contenido en polifenoles y la actividad antioxidante diferencia a las mieles de *Erica* del resto de las mieles por su elevada aportación.

Tabla 91. Características palinológicas, fisicoquímicas, nutricionales, polifenólicas y actividad antioxidante de las mieles monoflorales de brezo gallegas.

Variable (n=7)	Media	Desv. típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Min.	Max.
			Límite inferior	Límite superior		
<i>Erica</i> (%)	38.2	9.5	29.5	47.0	23.1	49.4
<i>C. sativa</i> (%)	29.7	13.1	17.6	41.8	12.2	51.1
<i>Rubus</i> (%)	6.0	5.6	0.9	11.2	1.2	14.6
<i>Eucalyptus</i> (%)	9.0	10.1	-0.3	18.3	0.8	29.2
Granos polen/g	3115	1479	1747	4483	989	5216
<i>Metschnikowia</i> (%)	5.2	13.8	-7.6	18.0	0.0	36.6
HD (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Humedad (%)	17.8	0.9	17.0	18.6	16.9	19.4
pH	4.1	0.1	4.0	4.2	4.0	4.2
CE (mS/cm)	0.46	0.02	0.44	0.48	0.44	0.50
Diastasa (ID)	11.0	2.8	8.4	13.6	7.2	14.4
Invertasa (IN)	9.8	2.3	7.7	12.0	6.8	13.1
Color (mm Pfund)	127	25	104	150	91	150
Fructosa (%)	42.1	3.9	38.5	45.6	34.5	46.9
Glucosa (%)	25.7	2.4	23.5	27.9	23.1	29.0
Sacarosa (%)	1.6	1.2	0.4	2.7	0.5	4.1
Maltosa (%)	1.7	0.2	1.5	1.9	1.4	2.0
Trehalosa (%)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Melecitosa (%)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
K (mg/100g)	94.5	14.4	81.1	107.8	77.1	111.6
Ca (mg/100g)	15.2	8.2	7.5	22.8	4.9	26.6
P (mg/100 g)	3.2	0.6	2.6	3.7	2.4	3.9
Na (mg/100 g)	20.6	6.4	14.7	26.5	11.6	29.7
Mg (mg/100g)	2.0	0.2	1.7	2.2	1.5	2.3
Fe (mg/100g)	0.8	0.2	0.6	1.0	0.5	1.0
∑ Minerales	136.5	17.1	120.7	152.3	116.0	163.7
Proteínas (%)	0.7	0.1	0.6	0.8	0.6	0.9
Lípidos (%)	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03
Polifenoles (mg/100g)	219.8	16.8	204.3	235.3	185.9	237.0
Flavonoides (mg/100g)	6.3	0.9	5.5	7.2	5.2	7.9
Índice oxidación (s)	12.5	4.6	8.3	16.7	8.5	20.5
RSA (%)	42.3	12.0	31.2	53.5	21.1	54.8
IC ₅₀ (mg/ml)	9.3	4.0	5.6	13.0	6.0	17.7

CONCLUSIONES



1. De carácter general

Las familias de mayor interés apícola en Galicia son Fagaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Ericaceae y Leguminosae. Los tipos polínicos dominantes en las mieles son *C. sativa*, *Eucalyptus* y *Rubus*, y ocasionalmente tipo *Cytisus* y *Erica*. Este último es consecuencia de la elevada representación de los brezales en nuestra comunidad, sobre todo las especies *E. umbellata*, *E. arborea* y *E. cinerea*. Otros taxones característicos fueron *Trifolium*, *F. alnus*, *Salix*, *C. monogyna*, *Plantago* y *C. maculatum*, aunque por lo general representan un pequeño porcentaje del espectro polínico de la miel.

La riqueza polínica de las mieles se incluye en su mayoría en la clase II y clase III de la clasificación de Maurizio, es decir entre 2000 y 50000 granos de polen/g de miel.

Algunos elementos fúngicos encontrados en el sedimento de la miel son de utilidad para su clasificación. La presencia de elementos procedentes de hongos patógenos de los vegetales (HD) se ha podido relacionar con mieles de mielada, mientras que la abundancia de *Metschnikowia* fue usada como indicadora de mieles de néctar.

Las mieles analizadas presentaron un grado de frescura y calidad óptimo. Solo 2 muestras tuvieron un contenido de humedad superior al 20%, que es el límite marcado por la Norma de calidad relativa a la miel para este parámetro.

Los carbohidratos son los componentes nutricionales mayoritarios de la miel y los que aportan la energía a este alimento, con un valor medio de 321.7 kcal/100g. Los azúcares cuantificados (fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, trehalosa y melecitosa) alcanzan un valor medio de 68.8%. Las mieles de mielada son las que presentaron un menor contenido de monosacáridos. Además las mieles de castaño, zarza y mielada presentaron el mayor contenido en oligosacáridos.

El contenido medio de lípidos es de 0.01%, no dependiendo del origen botánico. Las proteínas presentan en las mieles gallegas un contenido medio de 0.75%. El contenido mineral medio es de 188.2 mg/100g, superior al de mieles producidas en otras zonas de España, siendo el potasio el mineral mayoritario, seguido de calcio, fósforo y magnesio. Las mieles de mielada y las mieles de castaño presentaron el mayor contenido proteico y mineral.

En general, los fenoles y flavonoides presentaron mayores concentraciones en comparación a mieles de otras procedencias geográficas. La presencia de *Erica*

en los espectros polínicos de la miel se ha relacionado con el elevado contenido en polifenoles.

Se han encontrado correlaciones significativas entre los principales tipos polínicos de las mieles gallegas y algunos de los parámetros cuantificados. Así, *C. sativa* presenta una correlación positiva con la trehalosa, melecitosa, con el contenido proteico y mineral, los compuestos polifenólicos y el RSA. Del mismo modo, el polen de *Erica* se correlaciona con las proteínas, el contenido mineral, la fructosa y los compuestos polifenólicos, y *Rubus* también con la glucosa, la maltosa, la trehalosa y la melecitosa. Por último, el polen de *Eucalyptus* presenta correlaciones negativas con la mayoría de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, contenido enzimático y color), y también con las proteínas, los azúcares trehalosa y melecitosa, los componentes polifenólicos y el RSA.

El análisis de componentes principales extrae cuatro componentes que explican el 68.54% de la variabilidad de los datos. Las variables de mayor peso en el análisis fueron el contenido mineral, la conductividad eléctrica, el color y los flavonoides en el factor 1, el polen de *Erica*, y el polen de *Rubus*, la melecitosa y los polifenoles en el factor 2, el tipo polínico *Eucalyptus* y los azúcares glucosa y melecitosa en el factor 3. Finalmente, en el factor 4 fueron los pólenes *C. sativa*, *Rubus* y la fructosa.

2. Según la procedencia geográfica de las muestras

En la costa, principalmente en la provincia de Pontevedra, predomina el polen de *Eucalyptus* en las mieles. Mientras que *C. sativa* y *Rubus* fueron tipos polínicos más comunes en mieles del interior, lo que coincide con la mayor riqueza polínica de las muestras. *Erica* fue frecuente en mieles producidas en el norte de la provincia de A Coruña. *Trifolium*, tipo polínico secundario, fue significativamente superior en las mieles de las provincias de A Coruña y Lugo. Cabe destacar la presencia de pólenes como el tipo *C. maculatum*, *Salix* y *Quercus* en mieles de la provincia de Pontevedra, asociados principalmente a mieles de *Eucalyptus*.

En cuanto a las características fisicoquímicas, las mieles de Ourense presentaron los valores medios significativamente más elevados de pH, conductividad eléctrica, contenido enzimático (diastasa e invertasa), contenido mineral, color, contenido en flavonoides y actividad antioxidante con respecto a las mieles de las demás provincias. Además, la humedad media y la concentración media de sodio fue significativamente superior en las mieles de A Coruña.

3. Según el año de producción de las mieles

Las tres cosechas estudiadas han mostrado diferencias significativas en la abundancia relativa de los principales tipos polínicos productores de miel. El polen de *Rubus* tuvo una mayor representación en las mieles del 2008, frente al de *Eucalyptus* que predominó en las del 2009. En este año también se ha producido la mayor cantidad de miel de mielada y de eucalipto. Este hecho tiene como consecuencia diferencias importantes en aquellos componentes que dependen del origen botánico de la miel, como es el caso del contenido mineral, contenido en fructosa y glucosa, y también el contenido enzimático. Además se ha contabilizado el mayor contenido de la levadura *Metschnikowia* en las mieles producidas en el año 2009.

4. Según la caracterización de las mieles gallegas

Con la ayuda del análisis multivariante se han agrupado las muestras y se han clasificado como mieles de zarza (42 muestras), mieles de castaño (22 muestras), mieles de eucalipto (20 muestras), mieles de mielada (15 muestras), mieles de brezo (7 muestras) y el resto como mieles milflores (93 muestras).

Las mieles zarza en Galicia proceden principalmente de la zona sur y centro de la provincia de Ourense, y sur de la provincia de Lugo. Contienen un porcentaje medio de *Rubus* de 55.3%. La combinación polínica *Rubus-C. sativa*-tipo *Cytisus-Eucalyptus*-tipo *Trifolium-Erica* estuvo presente en todas las muestras. Son mieles que presentan una coloración de ámbar a ámbar oscuro, mientras que el contenido enzimático, pH y conductividad eléctrica son relativamente bajos. La concentración media en oligosacáridos es elevada, aunque los datos presentan un amplio rango de variación, como ocurre con el contenido mineral. Las mieles de zarza tienen una baja concentración media en compuestos polifenólicos y también el RSA.

Las mieles de castaño se producen principalmente en la zona sureste de Galicia, aunque también se pueden encontrar algunas en zonas montañosas de Pontevedra y A Coruña. El porcentaje medio del polen de *C. sativa* es de 77.2% y la combinación polínica característica de estas muestras fue: *C. sativa-Rubus-Erica*-tipo *Cytisus*. Son mieles con tonalidad ámbar oscura, con pH, conductividad eléctrica y contenido enzimático elevado. Los azúcares identificados no son muy elevados, pero presentan un contenido en polifenoles y flavonoides elevado, y además fueron las de mayor poder antioxidante comparado con las otras mieles monoflorales.

Las mieles de mielada de Galicia proceden principalmente de las áreas montañosas del sureste de Ourense y Lugo. El espectro polínico está constituido

por *C. sativa*-*Erica*-tipo *Cytisus*-*Rubus*. Se caracterizan por presentar un contenido en elementos de mielada (HD) muy superior al resto de mieles estudiadas y presentan una ausencia total de la levadura *Metschnikowia*. Estas mieles presentan color oscuro, contenido enzimático, proteico y mineral superior al de las mieles monoflorales de brezo, eucalipto y zarza. Un contenido en los azúcares glucosa y fructosa menor (por debajo de 60%) y mayor contenido en melecitosa. Por otro lado, estas mieles presentan gran capacidad antioxidante, y una elevada concentración de flavonoides.

Las mieles de eucalipto en Galicia se producen principalmente en las Rías Baixas (Pontevedra), aunque también pueden proceder del norte de Lugo y A Coruña. El porcentaje medio de *Eucalyptus* fue de 76.8%. La combinación polínica *Eucalyptus*-*Erica*-tipo *Cytisus*-*Salix*-*Rubus*-*C. sativa* está representada en todas las muestras. Contienen frecuentemente células de *Metschnikowia*. Son mieles de color ámbar, con bajo pH, conductividad eléctrica, contenido enzimático y contenido en oligosacáridos. Por otro lado, los compuestos polifenólicos y la actividad antioxidante fueron significativamente inferiores a las demás mieles.

Las mieles tipificadas como de brezo en Galicia proceden de las comarcas de Eume y Betanzos de la provincia de A Coruña y norte de Lugo. *Erica* es un polen hiporrepresentado y tuvo un valor medio de 38.2%. Las principales especies productoras de este tipo de miel son *E. umbellata* y *E. cinerea*. La combinación polínica característica estuvo constituida por *Erica*-*C. vulgaris*-*C. sativa*-tipo *Cytisus*-tipo *Trifolium*-*Eucalyptus*-*Plantago*-*Rubus*, presente en la totalidad de las muestras de este tipo. Estas mieles se caracterizan por un bajo contenido enzimático, pH y conductividad eléctrica, pero tienen color oscuro. En general, el contenido mineral y proteico también es bajo. Las mieles de brezo destacaron por su elevado contenido en polifenoles y actividad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA



- Acquarone C., Buera P. & Elizalde B. (2007). Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*, 101(2): 695-703.
- Aira M.J., Ramil-Rego P. & De Saa M.P. (1990). Identificación polínica de Ericaceae en mieles gallegas. *Acta Botanica Malacitana*, 15: 27-32.
- Aira M.J., Horn H. & Seijo M.C. (1998). Palynological analysis of honeys from Portugal. *Journal of Apicultural Research*, 37(4): 247-254.
- Aljadi A.M. & Kamaruddin M.Y. (2004). Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*, 85(4): 513-518.
- Al-Mamary M., Al-Meerri A. & Al-Habori M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22(9): 1041-1047.
- Álvarez-Cruz N.S. & Bague-Serrano A.J. (2011). *Los alimentos funcionales. Una oportunidad para una mejor salud*. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid (España). 392pp.
- Álvarez-Suárez J.M., Tulipani S., Diaz D., Estevez Y., Romandini S., Giampieri F., Damiani E., Astolfi P., Bompadre S. & Battino M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with colour, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9): 2490-2499.
- Amiot M.J., Aubet M., Gonnet M. & Tachini M. (1989). Les composés phénoliques des miels: étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. *Apidologie*, 20(2): 115-125.
- Andrade P., Amaral M.T., Paulo I., Carvalho J.C.M.F., Seabra R.M. & Proença da Cunha A. (1999). Physicochemical attributes and pollen spectrum of Portuguese heather honeys. *Food Chemistry*, 66(4): 503-510.
- Anklam E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4): 549-562.
- Anupama D., Bhat K.K. & Sapna V.K. (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, 36(2): 183-191.

- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. Microchemical Determination of nitrogen. Micro-Kjeldahl method. Ref. 960.52. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- AOAC (2006a). Official Methods of Analysis of AOAC International. Hydroxymethylfurfural in honey. Spectrophotometric method. Ref. 980.23. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- AOAC (2006b). Official Methods of Analysis of AOAC International. Diastatic activity of honey. Ref. 958.09. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- AOAC (2006c). Official Methods of Analysis of AOAC International Soxhlet Extraction method. 18th ed. Ref. 963.15. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- Archana M.S. & Aarti A.S. (2004). A report on *Penicillium* in the intramural and extramural air of residential areas of Nagpur city (India). *Aerobiologia*, 20: 229–236.
- Arráez-Román D., Gómez-Caravaca A.M., Gómez-Romero M., Segura-Carretero A. & Fernández-Gutiérrez A. (2006). Identification of phenolic compounds in rosemary honey using solid-phase extraction by capillary electrophoresis–electrospray ionization–mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1648–1656.
- Aronne G. & De Micco V. (2010). Traditional melissopalynology integrated by multivariate analysis and sampling methods to improve botanical and geographical characterisation of honeys. *Plant Biosystems*, 144(4): 833–840.
- Aronne G., De Micco V., Scala M. (2004). *Multivariate analysis of pollen spectra to identify geographical origin of honey*. En: Bernardelli I., Milani M., editors. Proceedings of the First European Conference of Apidology (EURBEE). Udine: Arti Grafiche Friulane SpA. 133pp.
- Arroyo J. & Herrera J. (1988). Producción y arquitectura floral en Ericaceae de Andalucía Occidental. *Lagascalia*, 15(extra): 615–623.
- Arvouet-Grand A., Vennat B., Pourrat A. & Legret P. (1994) Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de pharmacie de Belgique*, 49(6): 462–468.
- Ay M., Bahadori F., Öztürk M., Kolak U. & Topçu G. (2007). Antioxidant activity of *Erica arborea*. *Fitoterapia*, 78(7-8): 571– 573.

- Azeredo L.D.C., Azeredo M.A.A., De Souza S.R. & Dutra V.M. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80(2): 249-254.
- Atwater W.O. & Woods C.D. (1896). The chemical composition of American food materials. *US Official Experiment Stations, Experiment Station Bulletin N. 28*. Washington, DC.
- Bachmann H.E. (2007). *Estudios preliminares de caracterización de miel de abeja: determinación de carbohidratos por GC/MS y análisis enzimáticos*. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 91pp.
- Bagci Y., Arslan D., Özcan M.M. & Dursun N. (2007). Determination of mineral contents of bee honeys produced in Middle Anatolia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(8): 668-676.
- Ball D.W. (2007). The chemical composition of honey. *Journal of Chemical Education*, 84(10): 1643-1646.
- Baltrusaityte V., Venskutonis P.R. & Ceksteryte V. (2007). Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry*, 101(2): 502-514.
- Barnett J.A., Payne R.W. & Yarrow D. (2000). *Yeasts: characteristics and identification*. 3rd edn. Cambridge University Press. Cambridge. 1150 pp.
- Barth O.M. (1971). Microscopic constituents of Brazilian honeydew honeys. *Apidologie*, 2(2): 157-167.
- Battaglini M., Tonini D`Ambrosio M., Ricciardelli D`Albore G.C. (1973). Indagini preliminari sulla flora pollinifera del Lazio. *Annali dell Istituto Sperimentale per la Zoologia agraria III*, 1972-1973: 147-156.
- Baude M., Leloup J., Suchail S., Allard B., Benest D., Mériguet, J. Nunan N., Dajoz I. & Raynaud X. (2011). Litter inputs and plant interactions affect nectar sugar content. *Journal of Ecology*, 99(3), 828-837.
- Bedascarrasbure E., Maldonado L., Fierro W. & Álvarez A. (2006). *Caracterización y normalización de propóleos argentinos. Revisión y actualización de composición y propiedades*. Ediciones Magna. Argentina. 218 pp.
- Bello-Gutiérrez J. (2005). *Calidad de vida, alimentos y salud humana. Fundamentos científicos*. Díaz de Santos, Ediciones. España. 357pp.

- Bentabol-Manzanares A., Hernández-García Z., Rodríguez-Galdón B., Rodríguez-Rodríguez E. & Díaz-Romero C. (2011). Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. *Food Chemistry*, 126(2): 664-672.
- Benzie I.F. & Strain J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1): 70-76.
- Beretta G., Granata P., Ferrero M., Orioli M. & Facino R.M. (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533(2): 185-191.
- Bertoncelj J., Dobersek U., Jamnik M. & Golob T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2): 822-828.
- Blasa M., Candiracci M., Accorsi A., Piacentini M.P., Albertini M.C., & Piatti E. (2006). Raw millefiori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*, 97(2): 217-222.
- BOE (Boletín Oficial del Estado) nº 145 de 18 de junio de 1986. *Orden de 12 de junio por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de la miel.*
- BOE (Boletín Oficial del Estado) nº 186 de 5 de agosto de 2003. *Real Decreto 1049/2003 de 1 de agosto por el que se aprueba la Norma de calidad de la miel.*
- Bogdanov S. (2002). *Harmonised methods of the International Honey Commission: Introduction and general comments on the methods.* International Honey Commission. Switzerland. 62pp.
- Bogdanov S. & Baumann E. (1988). Determination of sugar composition of honeys by HPLC. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 79(2): 198-206.
- Bogdanov S., Martin P. & Lüllmann C. (1997). Harmonized methods of the European Honey Commission. *Apidologie* (extra issue): 1-59.
- Bogdanov S., Lüllman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Persano-Oddo L., Sabatini A.G., Marcazzan G.L., Piro R., Flamini C., Morlot M., Heritier J., Borneck R., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., D'Arcy B., Mossel B. & Vit P. (1999). Honey quality

- and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80(2): 61–69.
- Bogdanov S. & Matzke A. (2003). *Honig - eine natürliche Süsse*. In Matzke A, Bogdanov S (ed): "Der Schweizerische Bienenvater, Bienenprodukte und Apitherapie". Winikon: Fachschriftenverlag VDRB, 7-40pp.
- Bogdanov S., Ruoff K. & Persano-Oddo L. (2004). Physico-chemical methods for the characterization of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl.1): S4-S17.
- Bogdanov S., Jurendic T., Sieber R. & Gallmann P. (2008). Honey for nutrition and health: A Review. *American Journal of the College of Nutrition*, 27(6): 677-689.
- Borowska A. & Demianovicz Z. (1972). Fungi in fir honeydew. *Acta Mycologica*, 8(2): 175–189.
- Brand-Williams W., Culivier M.E. & Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1): 25–30.
- Briane G. (1990). Une carte des miellées. Essai de cartographie des ressources mellifères. *Carnets du cari*, 20: 12-23
- Brysch-Herzberg M. (2004). Ecology of yeasts in plant-bumblebee mutualism in Central Europe. *FEMS Microbiology Ecology*, 50(2): 87–100.
- Campos G., Della R.C., Da Silva T.J.P. & Raslan D.S. (2001). Comparison of some components between floral honey and honeydew honey. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 60(1): 59-64.
- Canto A., Herrera C.M., Medrano M., Pérez R. & García I.M. (2008). Pollinator foraging modifies nectar sugar composition in *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae): an experimental test. *American Journal of Botany*, 95(3): 315–320.
- Cao G., Sofic E. & Prior R.L. (1997). Antioxidant and prooxidant behaviour of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radical Biology and Medicine*, 22(5): 749-760.
- Carballeira A., Devesa C., Retuerto R, Santillan E. & Uceda F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Pedro Barrié de la Maza. A Coruña. 391pp.

- Cardenal J.A., Aranda M.L., Álvarez J.A. & Pozo J. (1999). La miel. Controles sanitarios y normas legales. *Vida apícola*, 95: 28-31.
- Caroli S., Forte G., Iamiceli A.L. & Galoppi B. (1999). Determination of essential and potentially toxic trace elements in honey by inductively coupled plasma-based techniques. *Talanta*, 50(2): 327-336.
- Carretero J. L. (1989). *Análisis Polínico De La Miel*. Mundi-Prensa. Madrid. 122pp.
- Castro-Vázquez L., Díaz-Maroto M.C., González-Viñas M.A. & Pérez-Coello M.S. (2009). Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. *Food Chemistry*, 112(4): 1022-1030.
- Cavia M.M., Fernández-Muiño M.A., Alonso-Torre S.R., Huidrobo-Canales J.F. & Sancho M.T. (2007). Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 100(4): 1728-1733.
- Cavia M.M., Álvarez C., Huidrobo, J.F., Fernández-Muiño A. & Sancho M.T. (2008). Evolution of hydroxymethylfurfural content of honeys from different climates: Influence of induced granulation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(1): 88-94.
- Cavia M.M., Fernández-Muiño M., Huidrobo, J.F., Álvarez C. & Sancho M.T. (2009). Evolution of monosaccharides of honey over years: influence of induced. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(3): 623-628.
- Chataway H.D. (1932). The determination of moisture in honey. *The Canadian Journal of Research*, 6(5): 532-547.
- Chen L., Mehta A., Berenbaum M., Zangerl A.R. & Engeseth N.J. (2000). Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10): 4997-5000.
- Cherchi A., Porcu M. & Tuberoso G. (1994). *Influenza dell invecchiamento sulla qualità del miele*. XVI Congreso Nazionale di Merceologia. Pavia, 310-319 pp.
- Chouza M., De Diego M., Domínguez B., Fernández M., Lovelle M., Ordóñez M.E., Rios B., Seijo M.C. & Vidal M.I. (2005). *Guía para implantación dun sistema de trazabilidade no sector apícola*. Ed. Consello Regulador da Indicación Xeográfica Protexida Mel de Galicia. A Coruña. 83pp.

- Corbet S.A. (1978). Bees and the nectar of *Echium vulgare*. *Linnean Society Symposium*, 6: 21-30.
- Costa L.S.M., Albuquerque M.L.S., Trugo L.C., Quinteiro L.M.C., Barth O.M., Ribeiro M & De María C.A.B. (1999). Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian Honeys. *Food Chemistry* 65(3): 347-352.
- Crane E. (1975). *Honey: A comprehensive survey*. International Bee Research Association (IBRA). Ed. Heinemann. Londres. 608pp.
- Crane E. (1980). *A book of honey*. Oxford University Press. London. 193pp.
- Crane E., Walker P. & Day R. (1984). *Directory of important world honey sources*. International Bee Research Association, London. 384pp.
- Cuervo M., Abete I., Baladia E., Corbalán M., Manera M., Basulto J. & Martínez J.A. (2010). *Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la población española*. Universidad de Navarra S.A., Ediciones. Navarra (España). 341pp.
- Dag A., Afik O., Yeselson Y., Schaffer A. & Shafir S. (2006). Physical, chemical and palynological characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) honey in Israel. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(4): 387-394.
- Daners G. & Tellería M.C. (1998). Native vs. introduced bee flora: a palynological survey of honeys from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*, 37(4): 221-229.
- D'Arcy, B.R., Rintoul G.B., Rowland C.Y. & Blackman A. J. (1997). Composition of Australian honey extractives. I. Norisoprenoids, monoterpenes, and other natural volatiles from blue gum (*Eucalyptus leucoxylon*) and yellow box (*Eucalyptus melliodora*) honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5): 1834-1843.
- Darmati D., Boskovic L. & Darmati S. (1985). Trace elements in honey from Sumadija region. *Hrana-i-Ishrana*, 26(5-8): 129-131.
- De Luis P. (1999). *Las abejas y la miel*. Editorial Acento. 91pp.
- Demianovicz Z., Borowska A., Dubik G. & Pielka J. (1972). Fungi in fir honeydew honey. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska*, XXV: 203-212.

- De Rodríguez G.O., Sulbarán de Ferrer B., Ferrer A. & Rodríguez B. (2004). Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84: 499-502.
- De Sá Otero M.P., Armesto-Baztan S. & Díaz-Losada E. (2006). A study of variation in the pollen spectra of honeys sampled from the Baixa Limia-Serra do Xurés Nature Reserve in north-west Spain. *Grana*, 45(2): 137-145.
- De Sá Otero M.P. & Armesto-Baztan S. (2008). Study of variation in the pollen spectra of honeys samples from the Allariz-Maceda (Ourense) geopolitical country in northwest Spain. *Acta Botanica Gallica*, 155(2): 201-217.
- De Sá Otero M.P., Díaz-Losada E. & Armesto-Baztan S. (2011). Caracterización de mieles de obtención artesanal y comerciales producidas en Galicia (NO de España) a partir de su espectro polínico y contenido proteico. *Botánica Complutensis*, 35: 131-140.
- De Vega C., Arista M., Ortiz P.L., Herrera C.M. & Talavera S. (2009). The ant-pollination system of *Cytinus hypocistis* (Cytinaceae), a Mediterranean root holoparasite. *Annals of Botany*, 103(7): 1065-1075.
- Devillers J., Morlot M., Pham-Delégue M.H. & Doré J.C. (2004). Classification of mono floral honeys based on their quality control data. *Food Chemistry*, 86: 3053-312.
- Díez M.J., Andrés C. & Terrab A. (2004). Physicochemical parameters and pollen analysis of Moroccan honeydew honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4): 167-176.
- Dimou M., Katsaros J., Klonari K.T. & Thrasyvoulou A. (2006). Discriminating pine and fir honeydew honeys by microscopic characteristics. *Journal of Apicultural Research*, 45(2): 16-21.
- Dirección General de Política Agroalimentaria (1989). *Consumo de miel en 1988*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria. 18pp.
- DOGA (Diario Oficial de Galicia) nº 152 de 9 de agosto de 1988. *Orden de 1 de julio de 1988. Miel de Galicia. Reconoce la denominación "Producto Gallego de Calidad"*.

- DOGA (Diario Oficial de Galicia) nº 199 de 15 de octubre de 1997. *Orden de 1 de octubre de 1997. Miel de Galicia. Reconoce la denominación específica «Miel de Galicia» y nombra el Consejo regulador.*
- Doner L.W. (1977). The sugars of honey. A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(5): 443-456.
- Dong R., Zheng Y. & Xu B. (2011). Phenolic profiles and antioxidant capacities of Chinese unifloral honeys from different botanical and geographical sources. *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-011-0726-0.
- DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea) L 192/11. *Reglamento CE nº 868/2007 por el que se inscribe una denominación en el registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas (Miel de Galicia o Mel de Galicia (IGP)).*
- Escuredo O., Seijo M.C. & Fernández-González M. (2011). Descriptive analysis of *Rubus* honey from the north-west of Spain. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(11): 2329-2336.
- Escuredo O., Fernández-González M. & Seijo M.C. (2012a). Differentiation of blossom honey and honeydew honey from Northwest Spain. *Agriculture*, 2: 25-37.
- Escuredo O., Silva L., Valentao P., Seijo M.C. & Andrade P. (2012b). Assessing *Rubus* honey value: pollen and phenolic compounds content and antibacterial capacity. *Food Chemistry*, 130(3): 671-678.
- Espada T. (1984). Contribución al conocimiento de las mieles de producción nacional: espectro polínico de la miel de brezo de Cataluña. *Vida Apícola*, 11: 17-20.
- Espada T. (1987). Origen y composición de la miel. *Lo mejor de Vida Apícola*, 1982-1986: 5-6.
- Estevinho L., Pereira A.P., Moreira L., Dias L.G. & Pereira E. (2008). Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food and Chemical Toxicology*, 46(12): 3774-3779.
- Esti M., Panfili G., Marconi E. & Trivisonno M.C. (1997). Valorization of the honeys from the Molise region through physic-chemical, organoleptic and nutritional assessment. *Food Chemistry*, 58(1-2): 125-128.

- Fallico B., Zappalá M., Arena E. & Verzera A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2): 305-313.
- Fatorri S.B. (2004). *La miel. Propiedades, composición y análisis fisicoquímico*. Apimondia, Beekeeping Technology and Bee Products Commission. 243pp.
- Feás X., Pires J., Estevinho M.L., Iglesias A. & Pinto de Araujo J.P. (2010). Palynological and physicochemical data characterisation of honeys produced in the Entre-Douro e Minho region of Portugal. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(6): 1255-1262.
- Fehlmann C. (1911). Beiträge zur mikroskopischen Untersuchung des Honigs. *Mitteilungen des Schweizer Gesundheitsamtes*, 2: 179-221.
- Feller-Demalsy M.J., Parent J. & Strachan A. (1989). Microscopic analysis of honeys from Saskatchewan, Canada. *Journal of Apicultural Research*, 26(4): 247-254.
- Fernández-González D., Valencia-Barrera R.M., Molnar T., Vega A. & Sagüés E. (1998). Daily and seasonal variations of *Alternaria* and *Cladosporium* airborne spores in León (north-west Spain). *Aerobiologia*, 14: 215-220.
- Fernández-Torres R., Pérez-Bernal J.L., Bello-López M.A., Callejón-Mochón M., Jiménez-Sánchez J.C. & Guiraúm-Pérez A. (2005). Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta*, 65(3): 686-91.
- Ferrazzi P. (1984). Phytophagous insects and honeybees: incidence of honeydew in honeys from northern Italy. *L'Apicoltore Moderno*, 75(1): 31-38.
- Ferrazzi P. (1992). Caratterizzazione dei mieli. Analisi melissopalynologiche. *L'Apicoltore moderno*, 83(4): 129-138.
- Ferreira I.C.F.R., Aires E., Barreira J.C.M. & Estevinho L.M. (2009). Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114(4): 1438-1443
- Ferrerres F., Andrade P. & Tomás-Barberán F.A. (1996). Natural occurrence of abscisic acid in heather honey and floral nectar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(8): 2053-2056.
- Ferrerres F., Garcia-Viguera C., Tomas-Lorente F. & Tomás-Barberán F.A. (2003). Hesperentin: A marker of the floral origin of citrus honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(1): 121-123.

- Földházi, G. (1994). Analysis and quantitation of sugars in honey of different botanical origin using high performance liquid chromatography. *Acta Alimentaria*, 23(3): 299-311.
- Frankel S., Robinson G.E. & Berenbaum M.R. (1998). Antioxidant capacity and correlation characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apicultural Research*, 37(1): 27-31.
- Frias I. & Hardisson A. (1992). Estudio de los parámetros analíticos de interés en la miel: humedad, acidez e índice de formol, hidroximetilfurfural e índice de diastasas. *Alimentaria*, 232: 71-74.
- García-Alvarez M., Huidobro J.F., Hermida M. & Rodríguez-Otero J.L. (2000). Major Components of Honey Analysis by Near-Infrared Transflectance Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11): 5154-5158.
- García-Carballo M. (2001). *Estudio comparativo de la floración de Castanea sativa Miller*. Proyecto Fin de Carrera. Facultad de Ciencias de Ourense. 174pp.
- Garau-Salvá J. (1990). *Curso superior de apicultura*. Colección Garau-Salvá. Palma de Mallorca. 603pp.
- Gayol J. (1991). Medidas generales para instalar las colmenas. *Albariza*, 1: 9-10.
- Gheldof N. & Engeseth N.J. (2002). Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10): 3050-3055.
- Gheldof N., Xiao-Hong W. & Engeseth N. (2002). Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21): 5870-5877.
- Gilliam M. (1997). Identification and roles of non-pathogenic microflora associated with honey bees. *FEMS Microbiology Letters*, 155(1): 1-10.
- Giménez-Jurado G. (1992). *Metschnikowia gruessii* sp. nov., the teleomorph of *Nectaromyces reufaufii* but not of *Candida reukaufii*. *Systematic and Applied Microbiology*, 15(3): 432-438.
- Gómez-Ferreras C. (1985). *Estudio polínico de mieles españolas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 328pp.

- Gómez-Ferreras C. (1989). Contribución al análisis polínico de mieles de la provincial de Zamora (España). *Botanica Complutensis*, 14: 157-165.
- Gómez-Ferreras C. (1990). Análisis polínico de mieles de valles pirenaicos navarros y oscenses (España). *Botánica Pirenaico-Cantábrica*, 5: 657-664.
- Gómez-Pajuelo A. (1996). Parámetros comerciales de calidad. Conductividad eléctrica, acidez y tixotropía. *Vida apícola*, 77: 49-52.
- Gómez-Pajuelo A. (2004). *Mieles de España y Portugal: conocimiento y cata*. Montagud S.A. (Ed.). Barcelona. 151pp.
- Gómez R., Cabezas L., Alcalá M. & Fernández-Salguero J. (1990). Determinación y cálculo de la actividad de agua en diferentes muestras de miel. *Alimentaria*, 27: 33-36.
- Gómez-Bárez J.A., García-Villanova R.J., García-Elvira S., Rivas-Pala T., González-Paramás A.M. & Sánchez-Sánchez J. (2000). Geographical discrimination of honeys through the employment of sugar patterns and common chemical quality parameters. *European Food Research and Technology*, 210(6): 437-444.
- Gómez-Caravaca A.M., Gómez-Romero M., Arráez-Román D., Segura-Carretero A. & Fernández-Gutiérrez A. (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(4): 1220-1234.
- Gonnet M., Aubert S. & Ferry P. (1986). Évolution de la couleur du miel lors de sa cristallisation. *Apidologie*, 17(1): 49-62.
- Gontarski H. (1951). Zur Analyse der Formbestandteile des Waldhonigs. *Zeitschrift für Bienenforschung*, 1: 33-37.
- González M.M., De Lorenzo C. & Pérez R.A. (2010). Development of a structured sensory honey analysis: application to artisanal Madrid honeys. *Food Science and Technology International*, 16(1): 19-29.
- González-Miret M.L., Terrab A., Herranz D., Fernández-Recamales M.A. & Heredia F.J. (2005). Multivariate correlation between color and mineral composition of honey and by their botanical origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7): 2574-2580.
- González-Paramás A.M., Gómez-Bárez J.A., García-Villanova R.J., Rivas-Palá T., Ardanuy-Albajar R. & Sánchez-Sánchez J. (2000). Geographical

- discrimination of honeys by using mineral composition and common chemical quality parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(1): 157-165.
- González-Pérez C. (1989). *A apicultura tradicional no concello de Navia de Suarna (Lugo)*. Diputación Provincial. Servicio de Publicaciones, Ediciones. 43pp.
- Graf B.A., Milbury PE. & Blumberg J.B. (2005). Flavonols, Flavones, Flavanones and Human Health: Epidemiological Evidence. *Journal of Medicinal Food*, 8(3): 281-290.
- Grant-Smith E. (1990). *Sampling and identifying allergenic pollen and moulds*. Blewstone Press. San Antonio, Texas. 196pp.
- Grüß J. (1917-1918). Die Anpassungen eines Pilzes (*Anthomyces reukaufii*) an den Blütenbau und den Bienenrüssel. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 35: 746-762.
- Guadalix M., De Lorenzo C., González M., Navarro T., Iglesias M.T., Pérez R.A., Sanz M.L., Martínez-Castro I., Pueyo E., Polo M.C., Soria A.C. & Sanz J. (2002). *La miel de Madrid*. Conserjería de Economía e Innovación Tecnológica. Madrid. 221pp.
- Hadorn H. (1961). Zur Problematik der quantitativen Diastasebestimmung in honig. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 52: 67-103.
- Harborne J.B. (ed) (1993). *The Flavonoids: Advances in Research since 1986*. Ed. Chapman & Hall, London, U.K. 676pp.
- Havsteen B.H. (2002). The biochemistry and medicinal significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*, 96(2-3): 67-202.
- Hernández O.M., Fraga J.M.G., Jiménez A.I., Jiménez F. & Arias J.J. (2005). Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chemistry*, 93(3): 449-458.
- Herrera C.M., García I.M. & Pérez R. (2008). Invisible floral larcenies: microbial communities degrade floral nectar of bumble bee-pollinated plants. *Ecology*, 89(9): 2369-2376.
- Herrera C.M., De Vega C., Canto A. & Pozo M.I. (2009). Yeasts in floral nectar: a quantitative survey. *Annals of Botany*, 103(9): 1415-1423.

- Herrero B. & Valencia-Barrera R.M. (1998). *Estudio polínico comparado de mieles de la provincia de Palencia*. En: 12 Congreso A.P.L.E., Libro de Resúmenes (Ed. Fombella-Blanco M.A, Fernández-González D. & Valencia-Barrera R.M. Universidad de León. 70pp.
- Herrero B., Valencia-Barrera R.M., San Martín R. & Pando V. (2002). Characterization of honeys by melissopalynology and statistical analysis. *Canadian Journal of Plant Science*, 82(1): 75-82.
- Horn H. & Aira M.J. (1997). Pollen analysis of honeys from the Los Lagos region of Southern Chile. *Grana*, 36(3): 160-168.
- Howes F.N. (1953). *Plantas melíferas*. Ed. Reverté. Barcelona. 236pp.
- Huidrobo J.F. & Sánchez M.P. (2005). Precise method for the measurement of catalase activity in honey. *Journal OF AOAC International*, 88(3): 800-804.
- Huidobro J.F. & Simal J. (1984a). Parámetros de calidad de la miel VI: hidroximeltifurfural. *Offarm*, 3(12): 767.
- Huidobro J.F. & Simal J. (1984b). Parámetros de calidad de la miel V: índice de diastasas. *Offarm*, 3(11): 705.
- Huidobro J.F. & Simal J. (1984c). Determinación del color y la turbidez en las mieles. *Anales de Bromatología*, 36(2): 225-245.
- Huidobro J.F. & Simal J. (1984d). Contribución a la determinación de azúcares en la miel. *Anales de Bromatología*, 36 (2): 247-264.
- Huidobro J.F., Santana F.J., Sánchez M.P., Sancho M.T., Muniategui S. & Simal-Lozano J. (1995). Diastase, invertase and β -glucosidase activities in fresh honey from north-west Spain. *Journal of Apicultural Research*, 34(1): 39-44.
- Hussein S.Z., Yusoff K.M., Makpol S. & Yusof Y.A.M. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents increase with gamma irradiation in two types of Malaysian honey. *Molecules*, 16(8): 6378-6395.
- Iglesias I., Suárez M., Jato M.V. & Sala-Llinares A. (1990). *Estudio de mieles de Castanea sativa Miller de la provincia de Orense (España)*. V Congreso Nacional Apícola. Don Benito (Badajoz).
- Iglesias M.I, Jato M.V. & Aira M.J. (1993). Estudio palinológico de mieles de montaña de la provincia de Orense (NW España). *Acta Botanica Malacitana*, 18: 119-123.

- Iglesias I., Seijo M.C., Fernández-González M. & Escuredo O. (2011). Aerobiological monitoring of *Aspergillus/Penicillium* spores during the potato storage. *Aerobiologia*, DOI 10.1007/s10453-011-9229-8.
- Issa N., Schweitzer P., Sawadogo M, Issaka J. & Millogo-Rasolodimby J. (2009) Assessment of melliferous plant potentialities in Burkina Faso. *African Journal of Ecology*, 47(4): 622-629.
- Izco J. (1987). *Galicia*. En: La vegetación de España (ed. M. Peinado Lorca & S. Rivas Martínez). Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. 385-418 pp.
- Izco J., Amigo J., Ramil-Rego P. & Díaz R. (2006). Brezales: biodiversidad, usos y conservación. *Recursos Rurais*, 2: 1-19.
- Janeiro B., Amigo J. & Aira M.J. (1992). Estudio polínico secuencial de la miel de Paradapiñol (Quiroga, Lugo, España) y su relación con la flora melífera de la zona. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)*, 88(1-4): 213-221.
- Jato M.V. & Iglesias I. (1989). Oscilaciones del contenido polínico en mieles orensanas. *Apiacta*, 3: 82-86.
- Jato M.V., Iglesias I., Sala-Llinares A. & Suárez-Cervera M. (1990-1991). Estudio palinológico de mieles orensanas. *Boletín Auriense*, 20-21: 53-61.
- Jato M.V., Sala-Llinares A., Iglesias I. & Suárez-Cervera M. (1991). Pollens of honeys from Northwestern Spain. *Journal of Apicultural Research*, 30(2): 69-73.
- Jato M.V., Iglesias I. & Álvarez E. (1992). Variaciones interanuales del espectro polínico de mieles orensanas. *Historia Natural*, 91: 115-122.
- Jato M.V., Iglesias I., Monjo J., Vilá M. & Seijo M.C. (1995). Caratteristiche melissopalino-logiche e físico-chimiche dei mieli di *Rubus* e di *Castanea* della provincia de Orense (N.O. Spagna). *Apicoltura*, 10: 11-22.
- Jiménez M., Mateo J.J., Huerta T. & Mateo R. (1994). Influence of the storage conditions on some physicochemical and mycological parameters of honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(1): 67-74.
- Kaskoniene V., Venskutonis P.R. & Ceksterytè V. (2010). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5): 801-807.

- Krauze A. & Krauze J. (1991). Changes in chemical composition of stores honeydew honeys. *Acta Alimentaria Polonica*, 41(2): 119-126.
- Krauze A. & Zelewski R. (1991). Classification of honeys by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 192(1): 19-23.
- Küçük M., Kolayli S., Karaoglu S., Ulusoy E., Baltaci C. & Candan F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100(2): 526-534.
- Kuroda Y. (1999). Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 436: 69-97.
- Lachman J., Kolihová D., Miholová D., Košata J., Titěra D. & Kult K. (2007). Analysis of minority honey components: Possible use for the evaluation of honey quality. *Food Chemistry*, 101(3): 973-979.
- Lachman J., Orsak M., Hejtmankova A. & Kovarova E. (2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1): 52-58.
- La-Serna I. & Gómez-Ferreras C. (2006). Pollen and sensorial characterisation of different honeys from El Hierro (Canary Island). *Grana*, 45(2): 146-159.
- La-Serna I.E., Méndez B. & Gómez C. (1999). *Aplicación de nuevas tecnologías en mieles canarias para su tipificación y control de calidad*. Caja Canarias. 266pp.
- La-Serna I., Méndez B. & Gómez-Ferreras C. (2002). Pollen spectra of different unifloral honeys from La Palma (Canary Islands, Spain). *Grana*, 41(1): 48-57.
- Latorre M.J., Pena R., Pita C., Botana A., García S. & Herrero C. (1999). Chemometric classification of honeys according to their type. II. Metal content data. *Food Chemistry*, 66(2): 263-268.
- Latorre M.J., Peña R., García S. & Herrero C. (2000). Authentication of Galician (N.W. Spain) honeys by multivariate techniques based on metal content data. *Analyst*, 125(2): 307-312.
- Ledo-González B. (1986). *Curso práctico de apicultura*. Do Castro, Ediciones. 315pp.

- León-Ruiz V., Vera S., González-Porto A.V. & San Andrés M.P. (2011). Vitamin C and sugar levels as simple markers for discriminating spanish honey sources. *Journal of Food Science*, 76(3): C 356-C361.
- López B., Latorre M.J., Fernández M.I., García M.A., García S. & Herrero C. (1996). Chemometric classification of honeys according to their type based on quality control data. *Food Chemistry*, 55(3): 281-287.
- Lorenzo-Fernández X. (1983). *Os oficios*. Editorial Galaxia. Vigo. 349pp.
- Louveaux, J. (1968). *L'analyse pollinique des miels*. In R. Chauvin (Ed.), *Les produits de la ruche*. Masson, Paris. 325-362pp.
- Louveaux J. (1975). *Les plants mellifères et les miellées*. Congrès S.P.M.F. Laval. RFA: 132-134.
- Louveaux J. & Vergeron PH. (1964). Etude du espectre pollinique de quelques miels espagnols. *Annales de l' Abeille*, 7(4): 329-347.
- Louveaux J., Maurizio A. & Vorwohl G. (1970). Methods of melissopalynology. *Apidologie*, 1(2): 211-227.
- Louveaux J., Maurizio A. & Vorwohl G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59 (4): 139-157.
- Luís, Â., Domingues F., Gil C. & Duarte A.P. (2009). Antioxidant activity of extracts of Portuguese shrubs: *Pterospartum tridentatum*, *Cytisus scoparius* and *Erica* spp. *Journal Medicinal Plants Research*, 3(11): 886-893.
- Luis-Villota P. & Gómez-Ferreras C. (1989). Contribución del análisis polínico de mieles de Asturias Occidental (España). *Botanica Complutensis*, 15: 163-173.
- Luis-Villota P., Vorwohl G. & Gómez-Ferreras C. (1993). Sobre la infrarrepresentación del polen de *Erica* en las mieles de brezo de Asturias (España). *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, 6: 281-287.
- Madejczyk M. & Baralkiewicz D. (2008). Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*, 617(1-2): 11-17.
- Magyar D., Gönczöl J., Révay Á., Grillenzoni F. & Seijo M.C. (2005). Stauro- and scoleococonidia in floral and honeydew honeys. *Fungal Diversity*, 20: 103-120.

- Makhloufi C., Kerkvliet J.D., Ricciardelli D'Albore G., Choukri A. & Samar R. (2010). Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41(5): 509-521.
- Malika N., Mohamed F. & Chakib E. (2005). Microbiological and physico-chemical properties of Moroccan honey. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(5): 773-776.
- Manikis I. & Thrasyvoulou A. (2001). La relación entre las características físico-químicas de la miel y los parámetros de sensibilidad a la cristalización. *Apiacta*, 36(2): 106-112.
- Marchini L.C., Moreti A.C.C.C., Otsuk I.P & Sodré G.S. (2007). Physicochemical composition of *Apis mellifera* honey samples from Sao Paulo State, Brazil. *Quimica Nova*, 30(7): 1653-1657.
- Marghitas A.L., Daniel D., Moise A., Bobis O., Laslo L. & Bogdanov S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*, 112(4): 863-867.
- Marini F., Magr  A.L., Balestrieri F., Fabretti F. & Marini D. (2004). Supervised pattern recognition applied to the discrimination of the floral origin of six types of Italian honey samples. *Analytica Chimica Acta*, 515(1): 117-125.
- Martínez C. (2006). *Estudio de parámetros alternativos como indicadores del envejecimiento y de la calidad del Brandy de Jerez*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 316pp.
- Martínez-Flórez S., González-Gallego J., Culebras J.M. & Tu n n M.J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6): 271-278.
- Martínez-Gómez M.E., Guerra-Hernández J., Montilla-Gómez J.Y & Molins-Marin J.L. (1993). Physicochemical analysis of Spanish comercial *Eucalyptus* honeys. *Journal of Apicultural Research*, 32(3-4): 121-126.
- Martos I., Ferreres F., Yao L., D'Arcy B., Caffin N. & Tomás-Barberán F. (2000). Flavonoids in monospecific *Eucalyptus* honeys from Australia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10): 4744-4748.
- Mateo R. & Bosch-Reig F. (1997). Sugar profiles of Spanish unifloral honeys. *Food Chemistry*, 60(1): 33-41.

- Mateo R. & Bosch-Reig F. (1998). Classification of spanish unifloral honeys by discriminant analysis of electrical conductivity, color, water content, sugars, and pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2): 393-400.
- Mateu-Andrés I., Burgaz-Moreno M.E. & Roselló-Caselles J. (1993). *La apicultura valenciana, tradición y aprovechamiento*. Ed. Conselleria d` Agricultura, Pesca, Alimentació i Aigua. Generalitat Valenciana, Valencia.
- Mateu-Andrés I., Burgaz-Moreno M.E. & Roselló-Caselles J. (1996). *La apicultura valenciana: tradición y aprovechamiento*. Ed. Conselleria d` Agricultura, Pesca, Alimentació i Aigua. Generalitat Valenciana, Valencia.
- Matito C., Mastorakou F, Centelles J.J., Torres J.L. & Cascante M. (2003). Antiproliferative effect of antioxidant polyphenols from grape in murine Hepa-1c1c7. *European Journal of Nutrition*, 42(1): 43-9.
- Mato I., Suárez S., Huidrobo J.F. & Simal J. (2004). Fumaric acid as a possible discriminant parameter of geographical origin of honey samples. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 100(12): 502-505.
- Mato I., Huidrobo J.F., Simal J. & Sancho M.T. (2006a). Analytical methods for the determination of organic acids in honey. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 36(1): 3-11.
- Mato I., Huidrobo J.F., Simal J. & Sancho M.T. (2006b). Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis with direct ultraviolet detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5): 1541-1550.
- Maurizio A. (1939). Untersuchungen zur quantitative Pollen analyse des honigs. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmittel-Untersuchung und Hygiene*, 30: 27-72.
- Maurizio A. (1959). The microscopy of honeydew honey. *Annales de l`Abeille*, 2: 145-157.
- McCall C. & Primack R.B. (1992). Influence of flower characteristics, weather, time of day, and season on insect visitation rates in three plant communities. *American Journal of Botany*, 79(4), 434-442.
- McKibben J. & Engeseth N.J. (2002). Honey as a protective agent against lipid oxidation in ground turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3): 592-595.

- Meda A., Lamien C.E., Romito M., Millogo J. & Nacoulma O.G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3): 571-577.
- Meixide J.L. (1987). Contribución al estudio de los áfidos productores de mielato en Galicia. Su aprovechamiento por la abeja melífera. *Boletín Apícola*, 24: 25-33.
- Mendes E., Brojo P.E., Ferreira I.M.P.L.V.O. & Ferreira M.A. (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*, 37(3): 219-223.
- Méndez J., Iglesias I., Jato M.V. & Aira M.J. (1997). Variación del contenido en esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de la ciudad de Ourense (años 1993-1994). *Polen*, 8: 79-88.
- Moar N.T. (1985). Pollen analysis of New Zealand honey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 28(1): 39-70.
- Monasterio-Huelin E. (1990). Nota sobre *Rubus* ibéricos. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 47(2): 521-523.
- Monasterio-Huelin E. (1991). Avances del estudio del género *Rubus* L. (Rosaceae) en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 48(2): 274-281.
- Montero I. & Tormo R. (1990). Análisis polínico de mieles de cuatro zonas montañosas de Extremadura. *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, 5: 71-78.
- Moore P.D. & Webb J.A. (1978). *An illustrated guide to pollen analysis*. Hodder and Stoughton, London-Sydney-Auckland-Toroto. 133pp.
- Moreiras O., Carbajal A., Cabrera L. & Cuadrado C. (2008). *Tablas de composición de alimentos*. Pirámide (Ed.), Madrid (España). 281pp.
- Murphy M., Cowan C., Henchion M. & O'Reilly S. (2000). Irish consumer preferences for honey: A conjoint approach. *British Food Journal*, 102(8): 585-597.
- Naab O.A., Tamame M.A. & Caccavari M.A. (2008). Palynological and physicochemical characteristics of three unifloral honey types from central Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4): 566-576.

- Nagai T., Sakai M., Inoue R., Inoue H. & Suzuki N. (2001). Antioxidative activities of some commercially honeys, royal jelly, and propolis. *Food Chemistry*, 75(2): 237-240.
- Nanda V., Sarkara B.C., Sharma H.K. & Bawa A.S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5): 613-619.
- Nazemiyeh H., Bahadori F., Delazar A., Ay M., Topcu G., Nahar L., Majinda R.R.T. & Sarker S.D. (2008). Antioxidant phenolic compounds from the leaves of *Erica Arborea* (Ericaceae). *Natural Product Research*, 22(16): 1385-1392.
- Nilsson S. (1983). *Atlas of airborne fungal spores in Europe*. Springer, Berlin. 139pp.
- Nozal-Nadal M.J., Yague J.L.B., Calva J.C.D. & Gómez M.T.M. (2005). Classifying honeys from the Soria province of Spain via multivariate analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382(2): 311-319.
- Okada Y. & Okada M. (1998) Scavenging Effect of Water Soluble Proteins in Broad Beans on Free Radicals and Active Oxygen Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2): 401-406.
- Orantes F.J. & Gómez-Pajuelo A. (2007). *Mieles monoflorales de la Península Ibérica*. Consejo Regulador D.O.P. Miel de Granada. 39pp.
- Ortega-Sada J.L. (1987). *Flora de interés apícola y polinización de cultivos*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 149pp.
- Ortiz P.L. (1988). Estudio melitopalínológico en el Andévalo (Huelva). *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, 4: 64-72.
- Osman K.A., Al-Doghairi M.A., Al-Rehiyani S. & Helal M.I.D. (2007). Mineral contents and physicochemical properties of natural honey produced in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 5(3-4): 142-146.
- Otero-Pedrayo R. (1962). *Historia de Galiza*, T2. Editorial Nós. Buenos Aires. 793pp.
- Ouchemoukh S., Schweitzer P., Bey M.B., Djoudad-Kadji H. & Louaileche H. (2010). HPLC sugar profiles of Algerian honeys. *Food Chemistry*, 121(2): 561-568.

- Pavlović R.D., Lakušić B., Došlov-Kokoruš Z. & Kovačević N. (2009). Arbutin content and antioxidant activity of some *Ericaceae* species. *Pharmazie*, 64(10): 656-659.
- Percival M. (1961). Types of nectar in Angiospermas. *New Phytology*, 64: 235-281.
- Pérez C. (1999). La calidad de la miel como suma de calidades parciales. *Vida apícola*, 93:40-52.
- Perez R.M. (2003). Antiviral Activity of Compounds Isolated From Plants. *Pharmaceutical Biology*, 41: 107-57.
- Pérez de Zabalza M.A. (1989). *Estudio palinológico de las mieles de Navarra*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra. 385pp.
- Perez-Arquillué C., Conchello P., Ariño A., Juan T. & Herrera A. (1994). Quality evaluation of Spanish rosemary (*Rosmarinus officinalis*) honey. *Food Chemistry*, 51(2): 207-210.
- Pérez-Atanes S., Seijo M.C. & Méndez-Alvarez J. (2001). Contribution to the study of fungal spores in honeys of Galicia (NW Spain). *Grana*, 40(4-5): 217-222.
- Pérez-Sánchez M.C., Del Baño-Breis F., Candela-Castillo M.E. & Egea-Gilabet C. (1997). Microbial flora in honey from the region of Murcia, Spain. *Anales de Biología*, 22: 155-164.
- Persano-Oddo L., Baldi E. & Piazza M.G. (1986). Acidità e pH nei principali mieli uniflorali italiani. *Apicoltura*, 2: 145-154.
- Persano-Oddo L., Baldi E. & Accorti M. (1990). Diastatic activity in some unifloral honeys. *Apidologie*, 21(1): 17-24.
- Persano-Oddo L., Piazza M.G. & Pulcini P. (1999). Invertase activity in honey. *Apidologie*, 30(1): 57-65.
- Persano-Oddo L. & Piro R. (2004). Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(Suppl. 1): S38-S81.
- Persano-Oddo L., Piana M.L. & Ricciardelli G. (2007). *I mieli regionali italiani. Caratterizzazione melissopalinoologica*. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. C.R.A. Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria, Sezione di Apicoltura, Roma.

- Peterson J. & Dwyer J. (1998). Flavonoids: Dietary and biochemical activity. *Nutrition Research*, 18(12): 1995-2018.
- Piana G. (1999). Caracterización de las mieles. Crialización dirigida. *Vida apícola*, 93(1): 43.
- Piana G., Ricciardelli G. & Isola A. (1989) *La Miel: alimento de conservación natural, origen, recolección, comercialización*. Mundi-Prensa, Madrid. 107pp.
- Pichichero E., Canuti L. & Canini A. (2009). Characterisation of the phenolic and flavonoid fractions and antioxidant power of Italian honeys of different botanical origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4): 609-616.
- Pimentel R. (1983). *Manual de apicultura*. Faro de Vigo, Ediciones, Vigo. 72pp.
- Pinzauti M. & Freudiani D. (1985). Fattori determinanti la secrezione nettarifera in *Helianthus annuus* L. e relative osservazioni sul comportamento dei pronubi. *Apicoltura*, 1: 179-192.
- Pires J., Estevinho M.L., Feás X., Cantalapiedra J. & Iglesias A. (2009). Pollen spectrum and physico-chemical attributes of heather (*Erica* sp.) honeys of north Portugal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11): 1862-1870.
- Pouvreau A. & Marilleau R. (1987). Le comportement alimentaire de l'abeille domestique vis-à-vis des glucides. *Bulletin Technique Apicole*, 14(2): 105-116.
- Primorac L., Angelkov B., Mandić M.L., Kenjeric D., Nedeljko M., Flanjak I., Pirički A.P. & Arapceska M. (2009). Comparison of the Croatian and Macedonian honeydew honey. *Journal of Central European Agriculture*, 10(3): 263-270.
- Prior R.L., Wu X. & Schaich K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10): 4290-4302.
- Przybylowski P. & Wilczynska A. (2001). Honey as an environmental marker. *Food Chemistry*, 74(3): 289-291.
- Punt W. (1976). *The Northwestern European Pollen Flora*. Ed. Elsevier. Amsterdam T I. 145pp.
- Punt W. & Blackmore S. (1991). *The North-western European Pollen Flora*. Ed. Elsevier. Netherlands. T VI. 275pp.

- Punt W. & Clarke G.C.S. (1980). *The Nortwestern European Pollen Flora*. W. Punt & G.C.S. Clarke Ed., Amsterdam. T II. 265pp.
- Punt W. & Clarke G.C.S. (1984). *The North-western European Pollen Flora*. Ed. Elsevier. Amsterdam. T IV. 369pp.
- Punt W., Blackmore S. & Clarke G.C.S. (1988). *The North-western European Pollen Flora*. Ed. Elsevier. Netherlands. T V. 154pp.
- Rashed M.N. & Soltan M.E. (2004). Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(6): 725-735.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radicals and Biology Medicine*, 26(9-10): 1231-1237.
- Rebane R. & Herodes K. (2008). Evaluation of the botanical origin of Estonian uni and polyfloral honeys by amino acid content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22): 10716-10720.
- Ren P., Jankun T.M. & Leaderer B.P. (1999). Comparisons of seasonal fungal prevalence in indoor and outdoor air and in house dusts of dwellings in one Northeast American country. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 9(6): 560-568.
- Ricciardelli G. & Persano-Oddo L. (1978). *Flora Apistica Italiana*. Instituto Sperimentale per la Zoologia Agraria. Roma. 286pp.
- Ricciardelli G. & Vorwohl G. (1979). *Tipos de miel monofloral de la región del mediterráneo, verificados mediante el análisis microscópico de la miel*. XXVII Congreso Internacional de Apic. de Apimondia. Atenas. 201-208pp.
- Rivas-Martínez S. (1987). *Memoria del mapa de Series de Vegetación de España*. Serie Técnica, ICONA. Madrid.
- Rivas-Martínez S., Díaz González T.E., Fernández-González F., Izco J., Loidi J., Lousã M. & Penas A. (2002). Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotánica*, 15(2): 5-922.
- Rodríguez-Otero J.L., Paseiro P., Simal J. & Cepeda A. (1990). Intento de caracterización de las mieles naturales de Galicia mediante las fracciones proteicas separadas por electroforesis. *Anales de Bromatología*, 42(1): 83-98.

- Rodríguez-Otero J.L., Paseiro P., Simal J. & Cepeda A. (1994). Mineral content of the honeys produced in Galicia (North-west Spain). *Food Chemistry*, 49(2): 169-171.
- Rodríguez-Rajo F.J., Iglesias I. & Jato V. (2005). Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Climate Research*, 109: 497-507.
- Rodríguez-Rajo F.J., Aira M.J., Fernández-González M., Seijo M.C. & Jato V. (2011). Recent trends in airborne pollen for tree species in Galicia (NW Spain). *Climate Research*, 48: 281-291.
- Roma-Fábrega A. (1982). *Apicultura*. Las Fonts de Tarrasa: Sintés, D.L., Ediciones. Barcelona (España). 332 pp.
- Root A.I. (1984). *ABC y XYZ de la apicultura. Enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas*. Hemisferio Sur S.A., Ediciones. Buenos Aires (Argentina). 723pp.
- Ruoff K. (2006). Authentication of the botanical origin of honey. Ph.D. thesis. Swiss Federal Institute of Tecnology. Zurich. 203pp.
- Ruoff K., Luginbühl W., Kilchenmann V., Bosset J.O., Von der Ohe K., Von der Ohe W. & Amadò R. (2007). Authentication of the botanical origin of honey using profiles of classical measurands and discriminant analysis. *Apidologie*, 38(5): 438-452.
- Russo P.A. (1992). *Contribuicao para a caracterizacao do mel da zona agraria da Terra Quente. Relatorio Final de Estágio*. Universidade de Tras Os Montes e Alto Douro. 114pp.
- Sabariégo S., Díaz C. & Alba F. (2004). Estudio aerobiológico de los conidios de *Alternaria* y *Cladosporium* en la atmósfera de la ciudad de Almería (SE de España). *Revista Iberoamericana de Micología*, 21: 121-127.
- Sabatini A.G., Persano L., Piazzzza M.G., Accorti M. & Nanetti, A. (1989). Glucide spectrum in the main italian unifloral honeys I. Fuctose and Glucose. *Apiculture*, 5: 35-46.
- Sabatini A.G., Persano L., Piazzzza M.G., Accorti M., Nanetti, A. & Marcazzan G. (1990). Glucide spectrum in the main italian unifloral honeys II. Di- and Trisaccharides. *Apiculture*, 6: 63-70.
- Saéñz C. & Gómez C. (2000). *Mieles españolas, características e identificación mediante*

el análisis del polen. Ediciones Mundi-Prensa. 163pp.

Sala-Llinares A. (1991). *Estudi palinològic de les mels de la mediterrània occidental. Comparació amb mels d'altres arígens*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 259pp.

Salvachúa J.C. & Robles E.M. (1998). Instalaciones fijas de procesado de productos apícolas, diseño, prestaciones y bases de cálculo. *Alimentación, equipos y tecnología*, noviembre 1998: 127-137.

Salvachúa J.C. & Robles E.M. (2003). *Manual de Apicultura práctica*. Agrupación para o desenvolvemento e formación do sector Apícola Galego. A Coruña. 176pp.

Sánchez-Castro M.P., Huidrobo-Canales J.F., Mato-Naveira I., Muniategui-Lorenzo S. & Sancho-Ortiz M.T. (2001a). Evolution of invertase activity in honey over two years. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2): 416-422.

Sánchez-Castro M.P., Huidrobo-Canales J.F., Mato-Naveira I., Muniategui-Lorenzo S. & Sancho-Ortiz M.T. (2001b). Correlation between proline content of honeys and botanical origin. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 97(5): 171-175.

Sánchez-Castro M.P., Huidrobo-Canales J.F., Mato-Naveira I., Muniategui-Lorenzo S. & Sancho-Ortiz M.T. (2002). Changes in B-glucosidase activity during the storage of honey. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 98(5): 170-175.

Sánchez-Castro M.P., Huidrobo-Canales J.F., Mato-Naveira I., Muniategui-Lorenzo S. & Sancho-Ortiz M.T. (2005). Evolution of catalase activity during the storage of honey. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 101(2): 62-65.

Sánchez-Cunqueiro C. & Sáenz-Lain C. (1982). Análisis polínico de las mieles de Pontevedra. *Lazaroa*, 4: 253-268.

Sánchez-Moreno C. (2002). Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International*, 8(3): 121-137.

Sánchez C. & Sáenz C. (1982). Análisis polínico de las mieles de Pontevedra (España). *Lazaroa*, 4: 253-268.

- Sánchez-Sánchez J. (1982). *Análisis polínico de mieles de la provincia de Salamanca*. Tesis de licenciatura. Ed. Universidad de Salamanca. 62pp.
- Sancho M.T., Muniategui S., Sánchez P., Huidrobo J.F. & Simal J. (1991). Mieles del País Vasco XI. Evaluación de los distintos tipos de cenizas y su alcalinidad en función de la conductividad eléctrica en mieles. *Anales de Bromatología*, 43(4): 311-324.
- Sanz M.L., Gonzalez M., De Lorenzo C., Sanz J. & Martínez-Castro I. (2004). Carbohydrate composition and physicochemical properties of artisanal honeys from Madrid (Spain): occurrence of *Echium* sp honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12): 1577-1584.
- Sanz M.L., Gonzalez M., De Lorenzo C., Sanz J. & Martínez-Castro I. (2005). A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*, 91(2): 313-317.
- Sâric G., Matkovic D., Hruskar M. & Vahcic N. (2008). Characterisation and classification of Croatian honey by physicochemical parameters. *Food Technology and Biotechnology*, 46(4): 355-367.
- Sato T. & Miyata G. (2000). The nutraceutical benefit, part III: honey. *Nutrition*, 16(6): 468-469.
- Saxena S., Gautam S. & Sharma A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2): 391-397.
- Scala M. & Aronne G. (2003). Analisi melissopolinologiche finalizzate al miglioramento del miele in Penisola Sorrentino-Amalfitana. Proceedings of the 98th Congress of the Societa` Botanica Italiana, Catania, 20-24 September 2003. Catania: Tipolitografia Sarica. 273pp.
- Scala M., De Micco V. & Aronne G. (2004). Multivariate analysis of the accompanying pollen for the determination of the geographical origin of honey. *Polen*, 14: 109.
- Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). Anuario de estadística 2010. Catálogo General de Publicaciones Oficiales. Madrid.
- Seijo M.C. (1994). *Caracterización de la miel de Galicia a través del espectro polínico*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo. 532pp.

- Seijo M.C. & Jato M.V. (1998). Palynological characterization of honeys from Galicia (Northwest Spain). *Grana*, 37(5): 285-292.
- Seijo M.C. & Jato M.V. (2001). Distribution of *Castanea* pollen in Galician honeys (NW Spain). *Aerobiologia*, 17: 255-259.
- Seijo M.C., Aira M.J., Iglesias M.I. & Jato M. V. (1992). Palynological characterization of honey from La Coruña (N.W Spain). *Journal of Apicultural Research*, 31(3-4): 149-155.
- Seijo M.C., Jato M.V., Aira M.J. & Iglesias I. (1994). Caratterizzazione pollinica dei mieli di Lugo (N. O. Spagna). *Apicoltura*, 9: 7-18.
- Seijo M.C., Aira M.J., Iglesias I. & Jato V. (1995). Origine botanique et zones de production des miels de Pontevedra (nord-ouest Espagne). *Acta Botanica Gallica*, 142(3): 235-243.
- Seijo M.C., Jato M.V., Aira M.J. & Iglesias I. (1997). Unifloral honeys of Galicia (Northwest Spain). *Journal of Apicultural Research*, 36(3-4): 133-139.
- Seijo M.C., Aira M.J. & Jato M.V. (1998). Distribución y características palinológicas de las mieles de *Eucalyptus gallegas*. *Botanica Complutensis*, 22: 133-143.
- Seijo M.C., Jato M.V. & Iglesias I. (2001). Pollen combinations of honeys from Galicia (Spain) and their geographical distributio. *Apiacta*, 36: 1-11.
- Seijo M.C., Aira M.J. & Méndez J. (2003). Palynological differences in the pollen content of Eucalyptus honey from Australia, Portugal and Spain. *Grana*, 42(3): 183-190.
- Seijo M.C., Escuredo O. & Fernández-González M. (2011). Fungal diversity in honeys from northwest Spain and their relationship to the ecological origin of the product. *Grana*, 50(1): 55-62.
- Semkiw P., Skowronek W., Skubida P., Rybak-Chmielewska H. & Szczesna T. (2009). Changes on saccharide composition of honey during ripening under controlled conditions. *Journal of Apicultural Science*, 53(1): 81-93.
- Semkiw P., Skowronek W., Skubida P., Rybak-Chmielewska H. & Szczesna T. (2010). Changes occurring in honey during ripening under controlled conditions based on α -amylase activity, acidity and 5-hydroxymethylfurfural content. *Journal of Apicultural Science*, 54(1): 55-64.

- Sen B. & Asan A. (2009). Fungal flora in indoor and outdoor air of different residential houses in Tekirdag City (Turkey): seasonal distribution and relationship with climatic factors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 151(1-4): 209-219.
- Serna-Ramos I.E. & Gómez-Ferreras C. (2006). Pollen and sensorial characterisation of different honeys from El Hierro (Canary Island). *Grana*, 45: 146-159.
- Serra-Bonhevi J. (1989). Características fisicoquímicas. Composición de la miel de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) producida en España. *Anales de Bromatología*, 41(1): 41-56.
- Serra-Bonhevi J., Gómez-Pajuelo A. & Gonell-Galindo J. (1987). Composición, propiedades físico-químicas y espectro polínico de algunas mieles monoflorales de España. *Alimentaria*, 24(185): 61-84.
- Serra-Bonvehí J. & Cañas-Lloria S. (1988). Caratteristiche físico chimiche, composizione e spettro pollinico del miele di Eucalipto (*Eucalyptus*) prodotto in Spagna. *Apicoltura*, 4: 59-81.
- Serra-Bonvehí J. & Granados-Tarrés E. (1993). Physicochemical properties, composition and pollen spectrum of ling heather (*Calluna vulgaris* (L) Hull) honey produced in Spain. *Apidologie*, 24(6): 586-596.
- Serra Y. & Ventura F. (1995). Characterization of citrus honey (*Citrus* sp.) produced in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8): 2053-2057.
- Serrano S., Villarejo M., Espejo R. & Jodral M.L. (2004). Chemical and physical parameters of Andalusian honey: classification of *Citrus* and *Eucalyptus* honeys by discriminant analysis. *Food Chemistry*, 87(4): 619-625.
- Serrano S., Espejo R., Villarejo M. & Jodral M.L. (2007). Diastase and invertase activities in Andalusian honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(1): 76-79.
- Shade J.W., Marsh G.L. & Eckert J.E. (1958). Diastase activity and hidroxymethylfurfural in honey and their usefulness en detecting heat alteration. *Food Research*, 23: 446-463.
- Signthaler U. (1977). Eine einfache und rasche Methode zur Bestimmung der α -glucosidase (sacharase) in honig. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 68: 251-258.

- Silici S. & Gökceoglu M. (2007). Pollen analysis of honeys from Mediterranean region of Anatolia. *Grana*, 46(1): 57-64.
- Silici S., Sagdic O. & Ekici L. (2010). Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, 121(1): 238-243.
- Silva L.R., Videira R., Monteiro A.P., Valentão P. & Andrade P.B. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93(1): 73-77.
- Simal J. & Huidobro J.F. (1984). Parámetros de calidad de la miel III: acidez (pH, libre, láctónica y total) e índice de formol. *Offarm*, 3(9): 523.
- Simal J., Huidobro J.F. & Araquistain Y. (1983a). Parámetros de calidad de la miel: determinación del contenido en agua. *Offarm*, 2(7-8): 343-349.
- Simal J., Huidobro J.F. & Araquistain Y. (1983b). Parámetros de calidad de la miel: determinación de la intensidad de color. *Offarm*, 2(9): 391-395.
- Simonetti G., Frilli F., Barbatini R. & Iob M. (1989). Flora de interesse apístico. Uno studio de botanica applicata in Friuli-Venezia Giulia. *Apicoltura*, 5.
- Singleton V.L. & Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and viticulture*, 16(3): 144-158.
- Singleton V.L., Orthofer R. & Lamuela-Raventos R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Sodré G.S., Marchini L.C., Moreti A.C.C.C., Otsuk I.P & Carvalho C.A.L. (2011). Physico-chemical characteristics of honey produced by *Apis mellifera* in the Picos region, state of Piauí, Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(8): 1837-1843.
- Soria A.C., González M., De Lorenzo C., Martínez-Castro I. & Sanz J. (2005). Estimation of the honeydew ratio in honey samples from their physicochemical data and from their volatile composition obtained by SPME and GC-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(5): 817-824.
- Suárez S., Mato I., Huidobro J.F., Simal J. & Sancho T. (2006). Capillary zone electrophoresis method for the determination of inorganic anions and

- formic acid in honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(25): 9292-9296.
- StatPoint Technologies Inc. (2010). *STATGRAPHICS® Centurion XVI User Manual*. USA, 297pp.
- Stoewsand G., Stamer J.R., Kosikowski F.V., Morse R.A., Bache C.A. & Lisk D.J. (1979). Chromium and nickel in acidic foods and byproducts contacting stainless steel during processing. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 21(1): 600-603.
- Szczesna T., Rybak-Chmielewska H., Waś E., Kachaniuk K. & Teper D. (2011). Characteristics of polish unifloral honeys. I. rape honey (*brassica napus* L. var. *oleifera metzger*). *Journal of Apicultural Science*, 55(1): 111-119.
- Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J.O. & Dommes J. (2009). Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry*, 113(4): 1226-1233.
- Taguri T., Tanaka T. & Kouno I. (2006). Antibacterial Spectrum of Plant Polyphenols and Extracts Depending upon Hydroxyphenyl Structure. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29: 2226-2235.
- Talavera S., Herrera J., Arroyo J, Ortíz P.L. & Devesa J.A. (1988). Estudio de la flora apícola de Andalucía Occidental. *Lagascalia*, 15(extra): 567-591.
- Tautz J. (2008). *The buzz about bees. Biology of a Superorganism*. Springer-Verlog. Heidelberg, Alemania. 284pp.
- Terrab A., Vega-Pérez J.M., Díez M.J & Heredia F.J. (2001). Characterisation of northwest Moroccan honeys by gas chromatographic-mass spectrometric analysis of their sugar components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(2): 179-185.
- Terrab A., Díez M.J & Heredia F.J. (2002). Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79(3): 373-379.
- Terrab A., Díez M.J. & Heredia F.J. (2003). Palynological, physicochemical and colour characterisation of Moroccan honeys. I. River Red Gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnl.) honey. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(4): 379-386.

- Terrab A., Escudero M.L., González-Miret M.L. & Heredia F.J. (2004a). Colour characteristics of honeys as influenced by pollen grain content: A multivariate study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(4): 380-386.
- Terrab A., Pontes A., Heredia F.J. & Díez M.J. (2004b). Palynological and geographical characterization of avocado honeys in Spain. *Grana*, 43(2): 116-121.
- Terradillos L.A. (1988). *Estudio microscópico del sedimento de la miel y su aplicación en la caracterización de mieles de Galicia*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago. 232pp.
- Thrasylvoulou A. & Manikis J. (1995). Some physicochemical and microscopic characteristics of Greek unifloral honeys. *Apidologie*, 26(6): 441-452.
- Tomás-Barberán F.A., Ferreres F., Garcia-Viguera C. & Tomas-Lorente F. (1993). Flavonoids in honey of different geographical origin. *Zeitschrift Lebensmitteluntersuchung und Forschung A*, 196(1): 38-44.
- Tomás-Barberán F.A., Martos I., Ferreres F., Radovic B.S. & Anklam E. (2001). HPLC flavonoid profiles as markers for the botanical origin of European unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5): 485-496.
- Truchado P. (2010). *Compuestos fitoquímicos de mieles como marcadores florales: capacidad antimicrobiana y anti-quorum sensing*. Tesis Doctoral. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Campus Universitario de Espinardo. Murcia. 214pp.
- Truchado P., Ferreres F., Bortolotti L., Sabatini A.G. & Tomás-Barberán F.A. (2008). Nectar flavonol rhamnosides are floral markers of acacia (*Robinia pseudacacia*) honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19): 8815-8824.
- Truchado P., Ferreres, F. & Tomás-Barberán, F.A. (2009). Liquid chromatography-tandem mass spectrometry reveals the widespread occurrence of flavonoid glycosides in honey, and their potential as floral origin markers. *Journal of Chromatography A*, 1216(43): 7241-7248.
- Tsigouri A., Passaloglou-Katrali M. & Sabatakou O. (2004). Palynological characteristics of different unifloral honeys from Greece. *Grana*, 43(2): 122-128.

- Tzu Chang C., An Bang W. & Chau Yang C. (1994). Sugar content of honey from wild and kept honeybees. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2(2): 97-102.
- Valdés B, Díez M.J. & Fernández I. (1987). *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Sevilla. 450pp.
- Valencia-Barrera R.M. (1991). *Estudio palinológico de mieles de la provincia de León*. Tesis Doctoral. Universidad de León. 496pp.
- Valencia-Barrera R.M., Fombella M.A., Fernández-González D. & Díaz-González T.E. (1994). Les spectres polliniques des miels de différentes régions phytogéographiques de la Province de León (N.O. de l'Espagne). *Grana*, 33(4-5): 268-275.
- Valencia-Barrera R.M., Herrero B. & Molnar T. (2000). Pollen and organoleptic analysis of honeys in León province (Spain). *Grana*, 39(2-3): 133-140.
- Vanhanen L.P., Emmertz A. & Savage G.P. (2011). Mineral analysis of monofloral New Zealand honey. *Food Chemistry*, 128(1): 236-240.
- Vela L., De Lorenzo C. & Pérez R.A. (2007). Antioxidant capacity of Spanish honeys and its correlation with polyphenol content and other physicochemical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 1069-1075.
- Vergeron P.H. (1964). Interprétation statistique des résultats en matière d'analyse pollinique des miels. *Anales de l'Abeille*, 7(4): 349-364.
- Vieitez E. (1950). Palynological observations on some Spanish honeys. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 77(6): 495-502.
- Vieitez E. (1951). El polen de las mieles de Galicia. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*, X: 79-99.
- Vit P., Soler C. & Tomas-Barberan F.A. (1997). Profiles of phenolic compounds of *Apis mellifera* and *Melipona* spp. honeys from Venezuela. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung A*, 204: 43-47.
- Von der Ohe, W. (2004). (Ed.). European unifloral honeys. *Apidologie*, 35(Suppl.1, special issue): 1-112.
- Von Frisch K. (1984). *La vida de las abejas*. 4ª edición. Labor Editorial. 237pp.

- Vorlova L. & Celechovska O. (2002). Activity of enzymes and trace element content in bee honey. *Acta Veterinaria Brno*, 71(3): 375-378.
- Vorwohl G. (1964a). Die messung der elektrischen leitfähigkeit des honigs und die verwendung der mebwerte zur Sortendiagnose und zum nachweis von verfälschungen mit zuckerfütterungs-honig. *Bienenforsch*, 7: 37-47.
- Vorwohl G. (1964b). Die Beziehungen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer trachtmässigen Herkunft. *Anales de l` Abeille*, 7(4): 301-309.
- Walter H.L., Prathibha V. & Vincent E. (1983). *Airborne and allergenic pollen of North America*. Johns Hopkins Series University Press. 288pp.
- Warakomska Z. & Jaroszynska T. (1992). Analysis of the honeydew honeys of Roztocze. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe*, 36: 149-156.
- Waś E., Rybak-Chmielewska H., Szczesna T., Kachaniuk K. & Teper D. (2011). Characteristics of polish unifloral honeys. III. heather honey (*calluna vulgaris* L.). *Journal of Apicultural Science*, 55(1): 129-136.
- Weber H.E. (1990). Contribución al conocimiento del género *Rubus* (Rosaceae) en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 47(2): 327-338.
- Weber El Ghobary M.O. (1983). *Observation of flowering, pollen, nectar and pollen loads, due to Apis mellifera in some Mediterranean plants*. V Symposium International sur la Pollinisation, 21: 245-250.
- Wedmore E.B. (1955). The accurate determination of the water content honeys. Part I. Introduction and results. *Bee World*, 36: 197-206.
- Weston R.J. & Brocklebank L.K. (1999). The oligosaccharide composition of some New Zealand honeys. *Food Chemistry*, 64(1): 33-37.
- White J.W. (1959). Report of the Analysis of Honey. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 42(2): 341-348.
- White J.W. (1975). *Composition of honey*. In: Crane, E. (Ed.), *Honey: A Comprehensive Survey*, vol. 5. Heinemann, London, England. 157-206pp.
- White J.W. (1979). Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 62(3): 509-514.

- White J.W. & Doner L.W. (1980). Honey Composition and Properties. *Beekeeping in the United States Agriculture Handbook*, 335: 82-91.
- White J.W., Riethof M.L., Subers M.H & Kushnir I. (1962). *Composition of American honeys*. Technical bulletin (United States. Dept. of Agriculture). 125pp.
- White J., Kushnir I. & Subers M.H. (1964). Effect of storage and processing temperatures on honey quality. *Food Technology*, 18(4): 153-156.
- Wykes G.R. (1952). The preferences of honeybees for solutions of various sugar which occur in nectar. *Journal of Experimental Biology*, 29(4): 511-519.
- Won S.R., Lee D.C., Ko S.H., Kim J.W. & Rhee H.I. (2008). Honey major protein characterization and its application to adulteration detection. *Food Research International*, 41(10): 952-956.
- Yao L.H., Jiang Y.M., Shi J., Tomás-Barberán F., Datta N., Singanusong R. & Chen S.S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(3): 113-122.
- Zandamela E.M.F. (2008). *Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique*. Tesis Doctoral. 290pp.
- Zander E. (1941). *Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig III*. Leipzig: Liedloff, Loth & Michaelis. 240pp.

Páginas webs:

Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010). Disponible en: www.magrama.gob.es/es/estadistica/pags/anuario/2010/AE_2010_Avance.pdf. (8-9-2011).

Catastro de Ensenada. Disponible en: pares.mcu.es/Catastro/servlets/ServletsController. (18-1-2012).

Flora Ibérica. Disponible en: www.floraiberica.org (14-2-2012).

Fungal Databases Nomenclature and Species Banks. Disponible en: www.mycobank.org (15-2-2012).

Index Fungorum. Disponible en: www.indexfungorum.org (15-2-2012).

International Code of Botanical Nomenclature. Disponible en: ibot.sav.sk/icbn/main.htm (14-2-2012).

Miel de Galicia. Disponible en: www.mieldeg Galicia.org (10-11-2011).

The International Plant Names Index. Disponible en: www.ipni.org (14-2-2012).

The National Honey Board (2002). Honey-health and therapeutic qualities. Disponible en: www.biologiq.nl/UserFiles/CompendiumHoney2002.pdf (15-10-2011).

USDA National Nutrient database. Disponible en: ndb.nal.usda.gov (15-10-2011).



Anexos

1. RELACIÓN DE TAXONES CITADOS

Aceraceae

Acer pseudoplatanus L.

Actinidiaceae

Actinidia deliciosa Chev.

Anacardiaceae

Pistacia terebinthus L.

Aquifoliaceae

Ilex aquifolium L.

Araliaceae

Hedera helix L.

Betulaceae

Alnus glutinosa (L.) Gaertner

Betula L.

Betula alba L.

Corylus avellana L.

Boraginaceae

Anchusa L.

Borago L.

Cynoglossum L.

Echium L.

Echium plantagineum L.

Echium vulgare L.

Lithodora Griseb.

Myosotis L.

Omphalodes nitida Hofmanns. & Link

Symphytum L.

Campanulaceae

Campanula L.

Jasione L.

Phyteuma L.

Caprifoliaceae

Lonicera L.

Sambucus L.

Viburnum L.

Viburnum tinus L.

Caryophyllaceae

Corrigiola L.

Lychnis L.

Silene L.

Spergularia (Pers.) J. Presl & C. Presl

Chenopodiaceae

Chenopodium L.

Cistaceae

Cistus L.

Cistus ladanifer L.

Cistus psilosepalus Sweet

Cistus salviifolius L.

Halimium (Dunal) Spach

Halimium lasianthum subsp. *alyssoides* Lam. (Greuter)

Helianthemum Mill.

Xolantha globulariifolia (Lam.) Gallego, Muñoz Garm. & C. Navarro

Compositae

Achillea L.

Anthemis L.

Bellis L.

Calendula L.

Carduus L.

Centaurea L.

Cirsium Mill.

Helianthus annuus L.

Kleinia neriifolia Haw.

Leontodon autumnalis L.

Senecio L.

Taraxacum officinale Weber

Convolvulaceae

Convolvulus L.

Crassulaceae

Sedum L.

Cruciferae

Brassica L.

Brassica napus L.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medicus

Diplotaxis eruroides (L.) DC.

Raphanus L.

Cucurbitaceae

Bryonia L.

Cupressaceae

Juniperus communis subsp. *alpina* (Suter) ?elak.

Cyperaceae

Cyperus L.

Ericaceae

Arbutus unedo L.

Calluna vulgaris (L.) Müller

Daboecia cantabrica (Hudson) c. Koch.

Erica scoparia L.

Erica L.

Erica arborea L.

Erica australis L.

Erica australis subsp. *Aragonensis* (Willk.) Cout.

Erica ciliaris L.

Erica cinerea L.

Erica mackaiana L.

Erica umbellata L.

Vaccinium myrtillus L.

Vaccinium uliginosum L.

Euphorbiaceae

Euphorbia L.

Euphorbia broteroi Daveau

Mercurialis L.

Fagaceae

Castanea sativa Mill.

Quercus faginea Lam.

Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.

Quercus pyrenaica Willd.

Quercus robur L.

Quercus rotundifolia Lam.

Quercus suber L.

Geraniaceae

Erodium L'Hér.

Geranium L.

Hypolepidaceae

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn in Kerst.

Hypericaceae

Hypericum L.

Juncaceae

Luzula forsteri (Sm.) Lam & Dc.

Luzula sylvatica subsp. *sylvatica* (Huds.) Gaudin

Labiatae

Lamium L.

Lavandula stoechas L.

Lavandula stoechas subsp. *sampaiana* Rozeira

Mentha L.

Origanum L.

Rosmarinus officinalis L.

Salvia L.

Teucrium scorodonia L.

Thymus L.

Thymus caespititius Brot.

Lauraceae

Laurus nobilis L.

Leguminosae

Acacia Mill.

Adenocarpus complicatus (L.) Gay

Anthyllis L.

Chamaecytisus proliferus (L. f.) Link

Cytisus Desf.

Cytisus grandiflorus (Brot.) DC.

Cytisus multiflorus (L'Hér.) Sweet

Cytisus oromediterraneus Rivas Mart. & al.

Cytisus scoparius (L.) Link

Cytisus scoparius subsp. *scoparius* (L.) Link

Cytisus striatus (Hill) Rothm.

Echinopartum ibericum (Graells) Rothm.

Genista falcata Brot.

Genista florida L.

Genista florida subsp. *polygaliiphylla* (Brot.) Cout.

Genista hystrix Lange

Genista polygaliiphylla (Brot.)

Genista sanabrensis Valdes, Bermejo, Castroviejo & Casaseca

Genista triacanthos Brot.

Pterospartum tridentatum (L.) Willk.

Hedysarum coronarium L.

Lotus L.

Medicago L.

Mimosa pudica L.
Robinia pseudoacacia L.
Trifolium L.
Trifolium alpinum L.
Trifolium repens L.
Ulex europaeus L.
Ulex europaeus subsp. *latebracteatus* (Mariz) Rothm.
Ulex gallii Planch.
Ulex gallii subsp. *breoganii* (Castrov. & Valdés Berm.) Rivas Mart. & al
Ulex micranthus Lange
Ulex minor Roth.
Vicia L.

Liliaceae

Allium L.
Ruscus aculeatus L.
Simethis planifolia Kunth

Lythraceae

Lythrum L.

Malvaceae

Malva L.

Myrtaceae

Eucalyptus L'Hér
Eucalyptus camaldulensis Dehn.
Eucalyptus globulus Labill.

Oleaceae

Fraxinus angustifolia Vahl.
Fraxinus excelsior L.
Ligustrum L.
Olea europaea L.
Phyllirea angustifolia L.
Syringa L.

Onagraceae

Epilobium L.

Oxalidaceae

Oxalis L.

Palmaceae

Palma Mill.

Papaveraceae

Hypecoum procumbens L.

Papaver L.

Pinaceae

Pinus L.

Plantaginaceae

Plantago L.

Poaceae

Agrostis curtisii Kerguelen

Festuca elegans Boiss

Pseudorenatherum longifolium (Thore) Rouy

Zea mays L.

Polygonaceae

Fallopia L.

Polygonum persicaria L.

Rumex L.

Ranunculaceae

Helleborus L.

Ranunculus L.

Thalictrum L.

Resedaceae

Reseda L.

Sesamoides L.

Rhamnaceae

Frangula alnus Mill.

Rosaceae

Crataegus monogyna Jacq.

Filipendula Mill.

Geum L.

Malus Mill.

Potentilla L.

Prunus L.

Pyrus L.

Pyrus communis L.

Rubus L.

Rubus idaeus L.

Rubus lusitanicus R. P. Murray

Rubus ulmifolius Schott.

Sanguisorba L.

Sorbus aucuparia L.

Rubiaceae

Galium aparine L.

Rutaceae

Citrus L.

Salicaceae

Populus alba L.

Populus nigra L.

Salix L.

Salix atrocinerea Brot.

Saxifragaceae

Saxifraga sphatularis Brot.

Scrophulariaceae

Linaria triornithophora (L.) Cav.

Anarrhinum Desf.

Digitalis L.

Linaria L.

Rhinantus L.

Scrophularia L.

Verbascum L.

Solanaceae

Solanum L.

Taxaceae

Taxus baccata L.

Tiliaceae

Tilia L.

Ulmaceae

Ulmus glabra Hudson

Umbelliferae

Anthriscus Bernh.

Bupleurum falcatum L.

Conium maculatum L.

Daucus carota L.

Oenanthe L.

Oenanthe crocata L.

Physospermum cornubiense DC.

Smyrniium olusatrum L.

Urticaceae

Urtica L.

Vitaceae

Vitis vinifera L.

2. RELACIÓN DE OTROS TAXONES CITADOS

Amphisphaeriaceae

Amphisphaeria Ces. & De Not.

Apidae

Apis mellifera L.

Ascosphaeraceae

Ascosphaera apis (Maasen ex Claussen) L.S. Olive & Spiltoir

Chaetophoraceae

Pleurococcus Menegh.

Chlorococcaceae

Chlorococcum Menegh.

Cystococcus C. Nägeli

Cystofilobasidiaceae

Cystofilobasidium Oberw. & Bandoni

Davidiellaceae

Cladosporium Link

Leptosphaeriaceae

Leptosphaeria Ces. & De Not.

Massarinaceae

Helminthosporium Link

Metacapnodiaceae

Hormiscium Corda?

Metschnikowiaceae

Metschnikowia T. Kamienski

Metschnikowia gruessi Gim.-Jurado

Pleosporaceae

Alternaria Nees

Bipolaris Shoemaker

Curvularia Boedijn
Pleospora Rabenhorst ex Cesati & De Notaris
Stemphylium Wallr.
Sporidesmium Link

Saccharomycetaceae

Torula Persoon
Zygosaccharomyces B.T.P. Barker

Sclerotiniaceae

Botrytis P. Micheli ex Pers.

Tremellaceae

Cryptococcus Kützing

Trichocomaceae

Aspergillus E.M. Fries

Venturiaceae

Fusicladium Bonord.

Otros grupos taxonómicos o *Incertae Sedis*

Myxomycetes Renault
Percyistis aloe Betts
Coniothecium Corda
Atichia Flot.
Triposporium Lind?
Candida Berkhout
Debaryomyces Lodder & Kreger ex Kreger
Starmerella C.A. Rosa & Lachance

La nomenclatura que se ha seguido para los taxones citados está publicada en internet, según la edición electrónica:

Flora Ibérica: www.floraiberica.org

International Code of Botanical Nomenclature: ibot.sav.sk/icbn/main.htm

The International Plant Names Index: www.ipni.org

Fungal Databases Nomenclature and species Banks: www.mycobank.org

Index Fungorum: www.indexfungorum.org



Conclusions

1. General conclusions

The main families for honey production in Galicia are Fagaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Ericaceae and Leguminosae. The dominant pollen types in the honeys are *C. sativa*, *Eucalyptus* and *Rubus*, and occasionally *Cytisus* type and *Erica*. The last is a consequence of the high representation of heathers in our region, mainly the species *E. umbellata*, *E. arborea* and *E. cinerea*. Other important taxa were *Trifolium*, *F. alnus*, *Salix*, *C. monogyna*, *Plantago* and *C. maculatum*, although they usually represent a small percentage of the pollen spectrum of the honey.

The pollen richness of the honeys is included mostly in the class II and class III of the Maurizio's classification, so between 2000 and 50000 pollen grains/g of honey.

Some fungal elements in the sediment of the honey are useful for its classification. The presence of elements from plant pathogen fungi (HD) has been linked with honeydew honeys, while the abundance of *Metschnikowia* yeast was used as indicator of blossom honeys.

The honey samples presented a good freshness and quality. Only 2 samples had a moisture content above 20%, which is the upper limit, for this parameter, established by the Council Directive relating to honey.

The carbohydrates are the major nutritional components of the honey, being the responsible of this food energy, with a mean value of 321.7 kcal/100g. The quantified sugars (fructose, glucose, sucrose, maltose, trehalose and melezitose) reach a mean value of 68.8%. Honeydew honeys had the lowest monosaccharide content, while chestnut honeys, bramble honeys and honeydew honeys had the highest oligosaccharide content.

The average content of lipid is 0.01%, not depending on the botanical origin. The proteins present in the Galician honeys have an average content of 0.75%. The mineral average content is of 188.2 mg/100g and in general it is higher than other honeys from Spain. Potassium was the principal, followed by calcium, phosphorus and magnesium. Honeydew honeys and chestnut honeys showed the higher protein and mineral content.

In general, the phenols and flavonoids showed high concentrations compared with honeys from other region. The presence of *Erica* in the pollen spectrum of honey has been linked to the high polyphenol content.

It was found significant correlation between the main pollen types of Galician honeys and some quantified parameters. Thus, *C. sativa* has a positive

correlation with trehalose, melezitose, protein, mineral content, polyphenolic compounds and RSA. In the same way, *Erica* pollen was correlated with the protein and mineral content, fructose and polyphenolic compounds and also *Rubus* with sugars like glucose, maltose, trehalose and melezitose. Finally, the *Eucalyptus* pollen has negative correlation with most of the physicochemical parameters (pH, electrical conductivity, enzymatic content and colour), and also with the proteins, the trehalose and melezitose sugars, polyphenolic compounds and RSA.

Principal component analysis extracted four principal components explaining the 68.54% of the variability of the data. The weight vectors in the analysis were determined by the mineral content, electrical conductivity, colour and flavonoids in factor 1, the *Erica* pollen and *Rubus* pollen, melezitose and polyphenols in factor 2, the *Eucalyptus* pollen, glucose and melezitose in factor 3. Finally, in factor 4 were *C. sativa* pollen, *Rubus* pollen and fructose.

2. According the geographical origin of the samples

In the coast, mainly in Pontevedra province, honeys were dominated by *Eucalyptus* pollen. However *C. sativa* and *Rubus* were principal pollen types in honey from inland areas, this is in agreement with the greatest pollen richness. *Erica* was frequent in honeys produced in the North of A Coruña province. *Trifolium*, other secondary pollen type, was higher in the honeys of the provinces of A Coruña and Lugo. Note the presence of pollen as *C. maculatum* type, *Salix* and *Quercus* in samples of Pontevedra province, mainly associated with *Eucalyptus* honey.

Regarding to physicochemical parameters, honeys from Ourense presented higher pH values, electrical conductivity, enzymatic content (diastase and invertase), mineral content, colour, flavonoid content and antioxidant activity than the honeys produced in the other provinces. Also, the mean moisture value and the average sodium concentration were significantly higher in the honeys from A Coruña.

3. According the honey harvest period

The studied three harvests have shown significant differences in the relative abundance of main pollen types in honey. *Rubus* pollen has the best high representation in the honeys of 2008 year, compared with *Eucalyptus* pollen that prevailed in 2009 year. This last harvest has included the most of honeydew honeys and *Eucalyptus* honeys. This fact causes significant differences in those components that depend on the botanical origin of honeys, such as the mineral

content, fructose and glucose content and also enzymatic content. It has also recorded the highest *Metschnikowia* content in the honeys produced in 2009 year.

4. According the characterization of the Galician honeys

With the support of multivariate analysis the samples were grouped and classified as bramble honeys (42 samples), chestnut honeys (22 samples), eucalyptus honeys (20 samples), honeydew honeys (15 samples), heather honeys (7 samples) and the rest, as polyfloral honeys (93 samples).

Bramble honeys in Galicia mainly come from the middle and South of the Ourense province, and South of the Lugo province. They contain an average of *Rubus* pollen of 55.3%. The pollen combination *Rubus-C. sativa-Cytisus* type-*Eucalyptus-Erica-Trifolium* type was present in all the samples. This honey type presents dark amber to amber colour, while the enzymatic content, pH and electrical conductivity are relatively low. The average oligosaccharides concentration is high; although the data presents a wide range of variation, as also occur with the mineral content. The bramble honeys have a low average concentration of polyphenolic compounds and also low RSA.

Chestnut honeys are produced mainly in the Southeast of Galicia, but it can also found in mountainous areas of Pontevedra and A Coruña. The mean *C. sativa* pollen percentage is 77.2% and a characteristic pollen combination of these samples was: *C sativa-Rubus-Cytisus* type-*Erica*. They are honeys with dark amber colour, high pH, electrical conductivity and enzymatic content. The identified sugars are not very high, but they present a high polyphenol and flavonoid content and the higher antioxidant power compared with the others unifloral honeys.

Honeydew honeys from Galicia mainly come from the mountainous areas of South of Ourense and Lugo provinces. The typical pollen spectrum is constituted by *C. sativa-Erica-Rubus-Cytisus* type. They are characterized by containing the highest quantity of elements from plant pathogen fungi (HD spores) of studied samples and a complete absence of *Metschnikowia* yeast. These honeys have dark colour, higher enzymatic content, protein and mineral content than the heather honeys, eucalyptus honeys and bramble honeys. Further low glucose and fructose sugar content (often below 60%) and the highest melezitose content. Moreover, these honeys have high antioxidant activity and high flavonoid concentration.

The *Eucalyptus* honeys from Galicia are mainly produced in the Rías Baixas (Pontevedra), but they can also come from the North of Lugo and A Coruña provinces. The average of *Eucalyptus* pollen was of 76.8%. The pollen

combination *Eucalyptus-Erica-Cytisus* type-*Salix-Rubus-C. sativa* was represented in all the samples. *Metschnikowia* cells were other microscopic element abundant in this honey type. They are honeys of amber colour, low pH, low electrical conductivity, low enzymatic content and low oligosaccharide content. Furthermore, the phenolic composition and antioxidant activity were significantly lower than the other honeys.

The honeys typified as heather honeys in Galicia come from the regions of Eume and Betanzos in the province of A Coruña and North of Lugo. *Erica* is underrepresented pollen and has an average value of 38.2%. The principal species for honey production are *E. umbellata* and *E. cinerea*. The characteristic pollen combination was constituted by *Erica-C. vulgaris-C. sativa-Trifolium* type-*Cytisus* type-*Eucalyptus-Plantago-Rubus*, present in all the samples of this type. These honeys are characterized by a low enzymatic content, low pH and low electrical conductivity, but have a dark colour. In general, mineral and protein content is also low. It is to take into consideration the high polyphenol content and antioxidant activity.



Abstract

Beekeeping is an important agricultural activity in some rural areas of Galicia (NW Spain). There are more than 90000 hives, with an annual production of 1500 tons of honey, the most important bee product. There is no significant transhumance and the honey harvesting is realized only once a year between July and September. The honey has principally a local market, but during the last decade some honey companies starting to export the product to other countries. In 2007, the Protected Geographical Indication *Mel de Galicia* was registered in the Register of protected designations of origin and protected geographical indications of the European Union.

The Autonomous Community of Galicia produces multifloral honey and unifloral honeys mainly of chestnut, bramble, eucalyptus and heather. Actually, the honey price not varies according to the botanical origin of the product, but the interest of consumers for honeys with specific sensorial characteristics, has revealed differences in honey demand and so an increase in its price. At the same time, the concern for a healthy and balanced diet becomes necessary to differentiate natural products, correctly labeled and with information on their nutritional composition.

The chemical composition of honey varies widely depending on the floral origin, geographical origin, climatic conditions, state of maturity, processing techniques and also of the storage (Anklam, 1998; Azeredo *et al.*, 2003; Ruoff *et al.*, 2007; Zandamela, 2008). In this sense, the *Doctoral Thesis* presented contributes to the characterization and differentiation of unifloral honeys produced in Galicia, taking into account their palynological, physico-chemical and nutritional characteristics and the quantification of polyphenolic compounds.

MATERIAL AND METHODS

The samples were collected directly from the beekeepers during three consecutive harvests 2008, 2009 and 2010 with the aim to reflect differences in the honey composition, due to the effects of annual weather conditions on the flowering plants of highest bee value. All the Galician territory was sampling, especially the areas where beekeeping are more development. Also, we taken into account the possibility to obtain unifloral honeys depending on the vegetation in the environment of the hives.

A total of 199 samples were provided by the beekeepers, 43 are of the province of A Coruña, 70 of Lugo, 52 of Ourense and 34 of Pontevedra. In the 2008 year were collected 84 samples, in the 2009 year were collected 92 and in the 2010 year were collected 23. In the last year it has taken a smaller number of samples, since we have focused on to study unifloral honeys.

Microscopic analysis: pollen and fungal elements

The microscopic analysis allows count and identify the different pollen grains and other biotic elements present in the sediment of the honey samples.

Palynological analysis was performed by an optical microscopy according to the method described by Louveaux *et al.* (1978), with some modifications. It has distinguished between the qualitative analysis, that indicates the proportion of the different pollen grains, and the quantitative analysis that measures the pollen richness of the honey (quantity of pollen per unit of weight).

The results of the qualitative analysis were expressed as percentage and were presented according to the frequency classes: present pollen (P: <1%), minority pollen (R: 1-3%), important pollen (I: 3-15%), secondary pollen (A: 15-45%) and dominant pollen (D: >45%). After obtaining the pollen content, the samples were classified according to Maurizio's classification: class I (<2000 pollen grains/g of honey), class II (2000-10000), class III (10000-50000), class IV (50000-100000) and class V (> 100000).

The counting of the fungal elements has realized over the same slide of the qualitative analysis and it has been performed with an optical microscope. The results were expressed as percentage and were presented following the frequency classes used in the qualitative analysis of pollen.

Physico-chemical analysis

The methodology used for the quantification of moisture, electrical conductivity and pH has been the proposed in the Official methods for honey analysis in Spain (BOE June 18 of 1986, number 145). The hydroxymethylfurfural (HMF) and enzyme content (invertase and diastase) were determined according to AOAC (2006a,b) and the methods proposed by the *European Honey Commission* (Bogdanov *et al.*, 1997; Bogdanov, 2002).

The colour of the honey has been quantified according to the Pfund scale in millimeters, varying from water white, through amber tones to almost black (Murphy *et al.*, 2000; Bogdanov *et al.*, 2004).

Nutritional composition

The quantified components nutritional interest were the carbohydrates, minerals, proteins and lipids. Sugars are the major components in the honey and were determined by anion exchange chromatography of high efficacy (HPAEC) using an ion chromatograph DIONEX ICS-3000 SP with pulse amperometric

detector (PAD). Sugars identified by this method were fructose, glucose, sucrose, trehalose, melezitose and maltose.

The extraction of the minerals from the honey was carried out by microwave digestion according the methodology used by Caroli *et al.* (1999) and the detection of Mg, Ca, Cu, Fe, P and Zn was performed by Atomic Absorption (Varian SpectrAA-220 Fast Sequential) and the minerals Na and K by Atomic Emission.

For the determination of the protein content and lipids of the samples the methodology of the AOAC (2006c) was followed. The protein content was based on the conversion of organic nitrogen present in the sample. The quantification of the lipids was determined by the Soxhlet method using an automatic extractor with petroleum ether as dissolvent.

Quantification of polyphenols and flavonoids. Antioxidant activity.

The compounds of health effects quantified in the honey were the polyphenols and the flavonoids. The determination of polyphenols were performed by the method of Folin-Ciocalteu proposed by Singleton & Rossi (1965) and later adapted by Singleton *et al.* (1999). It is a spectrophotometric method based on the oxidation of phenolic compounds at 765 nm. The results were expressed regarding a reference phenol, the gallic acid. The quantification of total flavonoids was measured also by spectrophotometry at an absorbance of 425 nm, using as a reference standard the quercetin. It has been determined using the Dowd method adapted by Arvouet-Grand *et al.* (1994). Both compounds were expressed as mg/100g depending on each reference standard.

Oxidation index and antioxidant activity of the Galician honeys were also determined. Oxidation index was determined dissolving a concentration of honey in a solution of alcohol according to the methodology proposed for propolis by Bedascarrasbure *et al.* (2006); the result was expressed in seconds. Antioxidant activity of the honey was measured by the DPPH discoloration method (Sánchez-Moreno, 2002; Tabart *et al.*, 2009). This assay is based on the measurement of the scavenging ability of antioxidants of the stable radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) by spectrophotometric methods at an absorbance measured at 517 nm. Discoloration of DPPH in each sample tested was calculated by the percentage of RSA (radicals scavenging activity) and was also expressed as the mean effective concentration (IC₅₀) of an extract in mg/ml, which is the antioxidant content required to reduce the initial concentration of DPPH to 50%. Ascorbic acid was used as reference extract.

RESULTS AND DISCUSSION

The bees visit a wide variety of plant species for obtain their food. Therefore it is expected that the honey composition varies with the representativeness of the plants used by bees for the honey production. The results obtained in the different analytical procedures were presented by taking into account the geographical origin of the samples and the harvest year. The differences between samples were evaluated through a variance analysis using the Bonferroni test.

Finally, after application of multivariate statistical analysis, the honeys were classified according to their botanical origin.

Palynological characteristics and fungal diversity of the honey

The identified pollen types in the palynological analysis reflect the typical vegetation of Galicia, where the arboreal plants and the scrub are the best represented. So, principal pollen types were *C. sativa*, *Rubus*, *Eucalyptus* and occasionally *Erica* and *Cytisus* type.

C. sativa and *Rubus* pollen were dominant in the honeys of inland, especially in the province of Ourense and Lugo, while *Eucalyptus* is the main pollen of the honeys of the coastal area of A Coruña, Lugo and specially, Pontevedra. These differences are reflected in the statistical analysis, since the percentage of *Eucalyptus* pollen has been significantly higher in the honeys from A Coruña and Pontevedra ($p < 0.05$).

Good nectar production of *Rubus* species in Galicia makes, this community, the main producer of this unifloral honeys in Spain (Seijo, 1994; Seijo *et al.*, 1997; Escuredo *et al.*, 2011). The honeys analyzed from Lugo and Ourense presented mean *Rubus* percentages significantly higher than the honeys than other provinces ($p < 0.05$).

The influence of weather conditions of each year's honey production has been demonstrated in the relative abundance of main pollen types of Galician honeys. So *Eucalyptus* pollen was significantly higher in 2009 honeys ($p < 0.05$), while *Rubus* was significantly lower in the honeys of this year ($p < 0.05$). However, the average of *C. sativa* pollen was similar in the three years of study.

In Galicia are also frequent the heathers, especially formed by *E. australis*, *E. umbellata*, *E. arborea* and *E. cinerea*, although other members of the genus *Erica* can appear. *Erica* pollen was present in more than 95% of the samples, being the species *E. umbellata* and *E. arborea* the most frequent. In the honeys from A Coruña also is frequent *E. cinerea*. Although, statistically not were observed

significant differences according to the geographical origin, honeys produced in Pontevedra had slightly lower percentages of this pollen type. These heathers are often associated with Leguminosae scrubs formed mainly by *Ulex*, *Cytisus*, *Pterospartum* or *Genista*. These plants have a pollen grain of similar morphology and are included within the *Cytisus* type pollen. This pollen type is present in more than 95% of samples as important pollen or secondary pollen. Honeys from Ourense contain the higher average percentages in the *Cytisus* pollen type, presenting significant differences with Lugo honeys ($p < 0.05$).

Other minor pollen types well represented in Galician honeys belong to the herbaceous plants and grow in pastures and edges of crops, such as *Trifolium*, *Echium*, *Plantago*, *Taraxacum*, *Campanula* or *Centaurea*. Also important pollens in honeys were associated to family crops, mainly in rural areas, such as *Brassica* type, *Raphanus* type, *C. maculatum* type, *C. monogyna* type and *Prunus*. In the case of *Trifolium* type, it was found that the percentages quantified in the honeys of A Coruña and Lugo were significantly major than the honeys of other provinces ($p < 0.05$), furthermore in the honeys of 2008 ($p < 0.05$). Also it is highlights that the *C. maculatum* type, *Salix* and *Quercus* usually appears associated with honey in which the dominant pollen type is *Eucalyptus*, and consequently the honeys produced in Pontevedra had percentage of these three pollens slightly higher. For *Quercus*, the honeys produced in 2009 differed significantly of the honeys of 2008 ($p < 0.05$) because they present the highest average percentage, coinciding with the year of major production of honeydew honeys.

The quantitative pollen analysis performed has allowed identifying the honeys with the highest pollen content and fungal elements. In general, the pollen content of the studied honeys has been low, ranged from a minimum value of 865 pollen grains/g to a maximum value of 130832 pollen grains/g, being the honeys from inland the richest. Most of the samples belong to classes II and III of the Maurizio's classification. The 2008 harvest were significantly richer in pollen than the other harvests ($p < 0.05$).

In addition to pollen, the optical microscopy analysis has let identified other structures in the sediment. These include fungal spores or conidia as *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus/Penicillium* and *Stemphylium*, algae, rust fungus (Urediniospores) or *Metschnikowia* yeast. The origin of these elements in honey may be due to contamination of the product during the extraction and processing, contamination inside the hive or a primary input during the elaboration of the honey by honeybees (Escuredo *et al.*, 2012a). In this last case the bees collect these elements, with the nectar or the honeydew. Therefore, their presence may be related to the conservation state of the product, its processing or its botanical origin. The main aim of the identification of these structures is by this last criterion, since contributions of honeydew to the honey determine the

physicochemical and nutritional characteristics and organoleptic perceptions of honey. For this reason, the presence of some fungal elements, such as *Leptosphaeria*, *Alternaria*, *Stemphylium*, Urediniospores and *Helminthosporium*, which is referred as HD, has a particular interest for its relation with honeydew.

Other important structure of interest found in the sediment of the honeys is the *Metschnikowia* yeast, because it is associated with the nectar of the flowers (Giménez-Jurado *et al.*, 1992; Brysch-Herzberg, 2004; Magyar *et al.*, 2005, Herrera *et al.*, 2009). This structure is present in many examined samples and, in addition, when it appears reaches very high values. The highest percentages correspond to honeys from the areas of the coast. Significant higher mean percentages of *Metschnikowia* yeast were found in the honeys from Lugo than honeys of Ourense ($p < 0.05$). The study of the yeast content in the different harvest has shown significant differences in the 2009 year, with respect to the others harvests, with a significantly higher mean value ($p < 0.05$). This is the year in which there was the greatest number of *Eucalyptus* honeys.

Quality of the honey and physicochemical characteristics

The quality characteristics of honey for market are defined in the quality standard relating to honey (BOE number 186 of August 5, 2003). It can confirm that the 199 honeys studied present good commercial quality. Some of these parameters have a direct relation with the botanical origin of the honey and therefore have been used for the final characterization of the samples.

HMF and diastase content are used as indicators of the freshness of honey. A large number of samples studied showed low HMF content, the average value was of 0.34 mg/100g. The average value of diastase in Galician honeys was of 17.1 ID. Invertase is considered by the *International Honey Commission* (Bogdanov *et al.*, 1999) as the most important enzyme presents in honey and it is included as an additional quality factor in international standards. For this reason, the determination of this enzyme was taken into account. The mean value for Galician honeys was of 17.9 IN. The average moisture content has also importance for its relationship with the conservation of the honey. The honeys studied had an average content of 17.5%. Only two samples contained above 20% of moisture (established value in the standard of quality), with values of 20.2% and 20.8%.

The pH and the electrical conductivity are two parameters that have been used by various researchers for the determination of the botanical and geographical origin of the honey (Terrab *et al.*, 2002, Sanz *et al.*, 2004; Acquarone *et al.*, 2007), for their strong relationship with the vegetation and soil characteristics. Honey has an acidic character, being the mean value of pH in the

honeys analyzed of 4.3. The electrical conductivity varied from a minimum value of 0.22 mS/cm to a maximum of 1.26 mS/cm. The colour of honey is variable and also depends on the origin of the honey and its composition (Bogdanov *et al.*, 2004). It is a quality factor that the consumers appreciate at first sight; Galician honeys have a great variability, from a light amber tone to a dark amber colour almost black.

Respect to the differences derived from the geographical origin of the samples, the honeys from Ourense showed higher mean values of pH, electrical conductivity, enzymatic content (diastase and invertase) and colour, being significantly different with some of the honeys produced in other provinces ($p < 0.05$), specially with the honey produced in A Coruña, which showed the low average values in these parameters. The value of moisture was also significantly different, honeys from A Coruña showed slightly higher mean values than honeys from Ourense ($p < 0.05$).

According to the harvest, the 2008 honeys had high invertase content and low pH, being significantly different than honeys of 2009 year ($p < 0.05$), and 2010 year in the case of pH ($p < 0.05$). Besides the honeys of the 2009 year presented a significantly higher moisture content than the honey of 2010 year ($p < 0.05$).

Nutritional composition

Honey is an energetic food, contributes about 300 kcal/100g, provided mostly by the metabolism of carbohydrates. These compounds are responsible of 85% of total caloric value of the honey. The best represented sugars are simple sugars (fructose and glucose) and a small percentage of disaccharides and trisaccharides. Also contain some polysaccharides, which are part of the cell walls of the pollen grains that naturally occur in honey. In the Galician honeys the total sugar content increased to a mean value of 68.8%, being the fructose and glucose sugars about 65.8%. The rest of quantified sugars were sucrose, maltose, trehalose and melezitose (3.1% of mean value).

Fructose is the main sugar, with an average content of 38.3%, being significantly lower average value in the honeys from Ourense than honey of A Coruña and Lugo ($p < 0.05$). The mean glucose content was of 27.4%, with similar values in the honeys of the four provinces. Honeys of 2009 harvest, presented a significantly lower content of fructose and glucose than the honeys of the other two harvest ($p < 0.05$).

From the quantitative point of view, maltose is the third sugar in importance, present in all Galician honeys studied, with an average content of 2.4%. The average values of this sugar in the honeys by province were similar,

however, the honeys of 2008 harvest have shown significantly higher mean values than the honey of the other years ($p < 0.05$). High sucrose content is used as an indicator of adulteration of the honey. In the studied honeys this disaccharide was found in the 48% of the samples, being the average content of 0.4% and the maximum value of 4.6%. There are not significant differences according to geographical origin of honey, but samples of 2010 harvest contain significantly higher values. Finally, trehalose and melezitose were quantified in 41% and 30% of Galician honeys, respectively, with low mean content, less than 0.2%. According to the geographical origin of honeys no significant differences were detected. Honeys of 2008 year presents significantly higher concentration of trehalose and melezitose than the honeys of the other two years ($p < 0.05$).

Honey also contains mineral nutrients, which despite its low concentration are of great nutritional interest. Since the variation in their composition depends mainly on the botanical and the geographical origin, combined with some physicochemical parameters, could improve the characterization (Latorre *et al.*, 1999; Fernández-Torres *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2005; Nozal-Nadal *et al.*, 2005). The most abundant mineral is potassium, with an average content in the Galician honeys of 152.7 mg/100g. The following in concentration were calcium, phosphorus, magnesium and sodium, with mean values of 11.7 mg/100g, 8.2 mg/100g, 7.8 mg/100g and 6.7 mg/100g, respectively. Other identified elements were iron, zinc and copper, but their average concentrations were below 1 mg/100g. It is highlighted than the honeys from Ourense present significantly higher mean values in potassium, phosphorus and magnesium with respect to the honeys from other provinces ($p < 0.05$). Due to the proximity of the coast, the mean concentration of sodium were significantly higher in A Coruña honeys ($p < 0.05$).

The proteins in honey are main free amino acids and enzymes. Some researchers have referred to the variation of protein content according to floral or geographical origin (Anklam, 1998, Won *et al.*, 2008). The average content quantified in our honeys was of 0.75%, presenting the higher content the honeys from Ourense ($p < 0.05$). The honeys produced in the 2008 year had a significantly lower content than the honeys of the 2009 and 2010 years ($p < 0.05$). Finally, the lipids as one of the nutrients responsible for great input of energy have been quantified in honeys, at very low concentrations or even absent. The average content in the honeys of Galicia was of 0.01%.

Compounds of health effects and antioxidant capacity

Plants and foods contain a variety of polyphenolic derivatives with complex chemical structures (Truchado, 2010). These compounds have their origin in plants, therefore are directly related with the botanical origin of honey. Plant

polyphenols have been reported to present antimicrobial, antiviral, antimutagenic, anticarcinogenic and vasodilatory actions so have important health benefits (Kuroda, 1999; Matito *et al.*, 2003; Pérez, 2003; Taguri *et al.*, 2006). It has been demonstrated its high pharmacological activity as radical scavengers (Yao *et al.*, 2004).

Flavonoids and phenolic acids are the main quantified in honey. The average content of polyphenols calculated by the Folin-Ciocalteu in Galician honeys was of 110.9 mg/100g. Honeys from Pontevedra showed a significant lower content in these compounds than honeys of other provinces ($p < 0.05$). Besides, the honeys produced in 2008 year had a significantly lower content than the others studied harvest ($p < 0.05$). The same was happened with the flavonoid content. Honeys from Ourense had a significantly higher flavonoid content than honeys from the other provinces ($p < 0.05$). The average flavonoid concentration in the 199 honeys analyzed was of 6.0 mg/100g.

The oxidation index was also determined by its relation with antioxidant activity of the honey. The average time required for the discoloration of potassium permanganate solution was of 11.1 s, being the honeys from Ourense the most efficient ($p < 0.05$). Honeys from 2008 year presents a time of discoloration significantly higher than the other honeys ($p < 0.05$).

The antioxidant capacity of the honey measured by the DPPH method was expressed as %RSA and IC_{50} , with mean values of 43.2% and 13.4 mg/ml, respectively. Honeys from Ourense had the highest antioxidant capacity, being significantly different to the other honeys ($p < 0.05$). As shown to the oxidation index honeys of 2008 harvest, have less antioxidant capacity, the mean value of IC_{50} was considerable higher with respect to the honeys of 2009 ($p < 0.05$).

Some phenolic compounds, besides to possessing the mentioned health properties, influence in the organoleptic qualities of the honey, contribute to colour, taste and flavor (Estevinho *et al.*, 2008). Dark honeys have higher levels of polyphenolic compounds (Frankel *et al.*, 1998; Guadalix *et al.*, 2002, Gonzalez-Miret *et al.*, 2005; Estevinho *et al.*, 2008, Ferreira *et al.*, 2009); this is reflected in the results obtained in this work.

Characterization of the different honeys types from Galicia

The identification of the botanical origin of the honeys is an important and complex task. It is need to combine several analytical procedures to ensure a correct classification. In recent years, the use of statistical multivariate analysis has become essential in all experimental science for the interpretation of the experimental results. The most commonly used statistical tools are the principal

components analysis (PCA) and cluster analysis (CA). Therefore, with the help of multivariate techniques, which use a large number of variables, the honeys are grouped and distinguished providing their typification.

In this sense, it have been applied different statistical analyzes, first a Spearman correlation analysis and a PCA to reduce the dimension of the data and to select the most influential variables. The Spearman correlation analysis has allowed the first selection of data, so we can simplify the multivariate analysis. The PCA extracted four components that explain the 68.54% of the cumulative variance, with eigenvalues above 1. The graphical representation of the first two components extracted by the analysis, projects due to similarity the physicochemical variables, the mineral content, the flavonoids and *C. sativa* pollen type. On the other hand, fructose and glucose sugars, the *Metschnikowia* yeast content and the *Eucalyptus* type pollen are located near. Finally, the polyphenol content stands next to the *Erica* pollen. These are the most useful variables selected, through statistical analysis, to the characterization of the samples.

Then, a cluster analysis was applied, this is an explorative data mining and a common technique for multivariate analysis that assign a set of cases into groups. It has been used the squared euclidean distance and the Ward's method. Thus, the samples are grouped according to their similarity in pollen content, physicochemical and nutritional variables and polyphenols and flavonoids. The result is represented in a dendrogram that organizes the samples into 6 groups, of which each one of them stands for some particularity with respect to the parameters entered in the analysis. So we can classified, 42 bramble honeys, 22 chestnut honey, 20 eucalyptus honeys, 15 honeydew honeys, 7 heather honeys and 93 polyfloral honeys.

The main group of unifloral honeys derived from different species of *Rubus* and they are bramble honey. These samples were produced by the whole community, but mainly from the south and center of the Ourense province and south of the Lugo province. They present as main characteristic the pollen combination of *Rubus-C. sativa-Trifolium* type-*Cytisus* type-*Erica*, found in the 100% of the samples. *Rubus* appears in an average percentage of 55.3%. They are honeys with a relatively low enzymatic content, pH and electrical conductivity. Also they present a wide range of colour (amber to dark amber) and mineral content. This variation may be due to contributions of honeydew that occur at the end of the production period of these honeys. With respect to the polyphenolic compounds, these honeys have a relatively low average concentration (phenols and flavonoids), and therefore, the average of DPPH antiradical activity also is low.

Chestnut honeys are produced mainly in the southeast of Galicia (Lugo and Ourense provinces), but also in mountainous areas of Pontevedra and A Coruña. The pollen combination *C. sativa-Rubus-Cytisus* type-*Erica* was present in all the samples. The mean percentage in the pollen of *C. sativa* was 77.2%. They are honeys with dark amber colour, above 84 mm Pfund, with high pH, high electrical conductivity and high enzymatic content compared with the others Galician honeys. The sugar concentration in the chestnut honeys typified are medium-low, but they contains a high polyphenol and flavonoid content, and so the most antioxidant power. Some chestnut honeys produced in Galicia may have small contributions from honeydew, as noted in the results of the fungal diversity analysis and some physicochemical and nutritional properties, this fact difficult the typification of this type of honey.

For years the discrimination between floral honeys and honeydew honeys has been discussed. In melissopalynology, the honeydew index value (honeydew elements/pollen grains) was used as reference; however, it is a poor tool, since the content of these elements can be low in relation to the richness pollen. Also some physicochemical parameters may to indicate the presence of honeydew in the honey, this is the case of electrical conductivity above 0.800 mS/cm (limit established for this type of honey by the legislation), but chestnut honeys presents similar values. Another physicochemical parameter that has been used to discriminate between honeydew honeys and the rest of honeys has been the colour. Honey with dark tones or dark amber tones are often associated with the honeydew, again, contributions of *Castanea* or *Erica* may result in dark blossom honeys.

The characterization of honeydew honeys of Galicia has not been carried out so far. Of the three harvest studied, the 2009 was the main production year. These honeys are mainly from the mountainous areas of southeast of Ourense and Lugo and produces over *Quercus* (frequently *Q. pyrenaica*). The characteristic pollen spectrum is constituted by *C. sativa-Erica-Cytisus* type-*Rubus*. The pollen combination is similar to the combination of chestnut honeys, but they have an important representation of elements from plant pathogen fungi in this work (HD), also a total absence of *Metschnikowia* yeast. These honeys present dark colour, enzymatic content, protein content and mineral content much higher than the other unifloral honeys from Galicia. Glucose and fructose content are low (often below 60%, mean value allowed by legislation for this honey type). However, the oligosaccharides concentration as melezitose is the greatest. Furthermore, these honeys have high antioxidant activity (RSA), a medium polyphenol concentration and a higher flavonoids concentration.

Galician *Eucalyptus* honeys are mainly produced in the Rías Baixas (Pontevedra), but can also come from the North of Lugo and A Coruña. The best

represented pollen combination is *Eucalyptus-Erica-Cytisus* type-*Salix-Rubus-C. sativa* and *Eucalyptus* pollen had a mean value of 76.8%. It is quite representative of this type of honey the presence of large amount of *Metschnikowia* cells. The physicochemical characteristics are low pH, low electrical conductivity, low enzymatic content and amber colour. In relation to other honeys, the glucose and fructose content were medium, but the oligosaccharides concentration was low. The melezitose was not detected in this type of honey. Furthermore, the polyphenols and the antioxidant activity were significantly lower than other honeys.

The samples classified as heather honeys in Galicia come from the regions of Eume and Betanzos in the North of the provinces of A Coruña and Lugo. Despite the importance of this type of scrub in our territory, this honey type is scarcely produced. The typical pollen spectrum is constituted by *Erica-C. vulgaris-C. sativa-Trifolium* type-*Cytisus* type-*Eucalyptus-Plantago-Rubus*, found in all the honeys. *Erica* pollen appears in an average percentage of 38.2%, therefore is an underrepresented pollen type (Luis-Villota *et al.*, 1993) as confirmed the low pollen content. The best represented species of *Erica* are: *E. cinerea*, *E. umbellata* and *E. arborea*. These honeys have low enzymatic content, pH and electrical conductivity and dark colour. In general, the mineral and protein content are low, highlighting the major concentration of sodium and calcium with respect to the other honeys. In addition, it is to take into consideration the high polyphenol content and antioxidant activity of *Erica* honeys.

