



Universitat
de les Illes Balears

Departament de Química

Caracterització de la mel de Mallorca i vincle amb el medi

Proyete BIA04/20

IP's del projecte: Dra. Carmen Rosselló Matas i Dra. Susana Simal Florindo

Convocatòria: AJUDES PER A LA INVESTIGACIÓ APLICADA EN MATÈRIA D'AGRICULTURA,
RAMADERIA I PESCA EN L'ÀMBIT DE LES ILLES BALEARS

Any 2020.

Resolució 384 de 18/01/2020. BOIB núm. 8

Grup d'Enginyeria Agroalimentària. UIB

Gener 2021

Índice

LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL PROYECTO	8
2 OBJETIVO	9
3 EQUIPO INVESTIGADOR	10
4 PLANIFICACIÓN EXPERIMENTAL	10
4.1 RECOGIDA Y MANIPULACIÓN DE MUESTRAS	10
4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	12
4.2.1 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LA MIEL DE MALLORCA	12
5 MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1 CONTENIDO EN HUMEDAD	13
5.2 ACTIVIDAD DE AGUA	13
5.3 COLOR (MM PFUND)	13
5.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	14
5.5 CONTENIDO EN AZÚCARES (FRUCTOSA, GLUCOSA Y SACAROSA)	14
5.6 CONTENIDO EN HIDROXIMETILFURFURAL	14
5.7 ACIDEZ LIBRE, LACTÓNICA Y TOTAL	15
5.8 PH	15
5.9 SÓLIDOS INSOLUBLES	15
5.10 ACTIVIDAD DIASTÁSICA	15
5.11 ESPECTRO POLÍNICO	16
5.12 CARACTERIZACIÓN SENSORIAL	16
5.13 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	16
5.13.1 ANÁLISIS UNIVARIANTE	16
5.13.2 ANÁLISIS MULTIVARIABLE	17
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
6.1 ENTORNO Y MÉTODO DE OBTENCIÓN DE LA MIEL DE MALLORCA	19
6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA MIEL DE MALLORCA	25
6.2.1 COMPARACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE MIELES DOP E IGP	30
6.2.2 ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MIEL DE MALLORCA POR LOCALIZACIÓN	35
6.3 ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO DE LAS MIELES DE MALLORCA	44
6.4 COMPARACIÓN ENTRE MIELES DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS POLÍNICOS	48
6.4.1 COMPARACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIABLE	54

6.5	COMPARACIÓN ENTRE LA MIEL DE ALGARROBO Y LA MIEL DE MILFLORES	62
6.5.1	COMPARACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIABLE	66
6.6	CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE LA MIEL DE MALLORCA	71
7	CONCLUSIONES	71
8	AGRADECIMIENTOS	72
9	BIBLIOGRAFÍA	72
10	ANEXOS	76
	Anexo I. Protocolo de recogida de miel de otoño/primavera.	76
	Anexo II. Encuesta realizada a los elaboradores de miel de Mallorca.	78
	Anexo III. Taxones identificados en el polen de la miel de Mallorca	81
	Anexo IV. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de otoño . Zonas: Llevant, Migjorn, Pla de Mallorca y Tramuntana Sud.	83
	Anexo V. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de otoño . Zonas: Pla de Palma, Raiguer y Tramuntana Nord.	84
	Anexo VI. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Pla de Palma.	85
	Anexo VII. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zonas: Raiguer y Pla de Mallorca.	86
	Anexo VIII. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Tramuntana Sud.	87
	Anexo IX. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Tramuntana Nord.	88
	Anexo X. Comunicación presentada al X Congreso Nacional de Apicultura	89
	Anexo XI. Propuesta de continuidad del proyecto	92

LISTA DE TABLAS

TABLA 4.1 MUESTRAS DE MIEL DE MALLORCA UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.	11
TABLA 5.1 ESCALA PFUND (MM PFUND) PARA MEDIR EL COLOR DE LA MIEL.....	14
TABLA 6.1. NOMENCLATURA UTILIZADA EN LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PARA DESIGNAR A LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.	25
TABLA 6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MIEL DE MALLORCA. MIEL DE OTOÑO. MEDIAS, DESVIACIONES ESTÁNDAR, MEDIANAS E INTERVALOS DE TOLERANCIA ($p<0.01$).....	27
TABLA 6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MIEL DE MALLORCA. MIEL DE PRIMAVERA. MEDIAS, DESVIACIONES ESTÁNDAR, MEDIANAS E INTERVALOS DE TOLERANCIA ($p<0.01$)	27
TABLA 6.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO Y DE PRIMAVERA, LOS VALORES ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA DE LA MIEL Y EN MIELES ESPAÑOLAS CON DOP.....	32
TABLA 6.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS MIELES NO ESPAÑOLAS CON DOP. DE LAS 20 DOPS EUROPEAS (NO ESPAÑOLAS), SE MUESTRAN LAS CONCEDIDAS DURANTE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS A EXCEPCIÓN DE MIÓD SPADZIOWY Z BESKIDU WYSPOWEGO YA QUE NO CONTEMPLA LOS PARÁMETROS COMPARADOS EN LA TABLA.	33
TABLA 6.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS MIELES CON IGP, EXCEPTO LA MIEL D’ALSACE Y LA MIEL DE PROVENCE YA QUE NO CONTEMPLAN LOS PARÁMETROS COMPARADOS EN LA TABLA.	34
TABLA 6.7. ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO DE LAS MIELES DE MALLORCA DE OTOÑO.	45
TABLA 6.8. ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO DE LAS MIELES DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	46
TABLA 6.9. ACP. COEFICIENTES DE LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS.	56
TABLA 6.10. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR LOS 8 COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS	57
TABLA 6.11. ACP. COEFICIENTES DE LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MIEL DE MALLORCA MILFLORES.	67
TABLA 6.12. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR LOS 7 COMPONENTES PRINCIPALES.	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 MAPA DE UBICACIÓN DE LOS APIARIOS.....	11
FIGURA 4.2. DISTRIBUCIÓN POR ZONAS DE LAS MUESTRAS DE MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	12
FIGURA 4.3. DISTRIBUCIÓN POR ZONAS DE LAS MUESTRAS DE MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	12
FIGURA 5.1 ILUSTRACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE CAJA (BOX PLOTS).....	17
FIGURA 6.1. VEGETACIÓN EN UN RADIO DE 1 KM ALREDEDOR DE LAS COLMENAS.....	20
FIGURA 6.2. ALTITUD SOBRE EL NIVEL DE MAR (M) Y DISTANCIA A LA COSTA (KM) DE LAS COLMENAS.....	20
FIGURA 6.3. TIPOS DE COLMENAS Y USO DE ALZAS.....	21
FIGURA 6.4. USO DE EXCLUIDOR DE ABEJAS REINA.....	21
FIGURA 6.5. REALIZADO TRATAMIENTO CONTRA VARROA Y, EN SU CASO, MESES DE TRATAMIENTO.....	22
FIGURA 6.6. ALIMENTACIÓN DE LAS ABEJAS Y MESES DE ALIMENTACIÓN.....	22
FIGURA 6.7. UTENSILIOS UTILIZADOS PARA DESABEJAR.....	23
FIGURA 6.8. DETECCIÓN DE ENFERMEDADES EN LA COLMENA.....	23
FIGURA 6.9. DEDICACIÓN DE LA SALA DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL.....	24
FIGURA 6.10. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE LA MIEL.....	24
FIGURA 6.11. USO DE DESHUMIDIFICADOR EN LA OBTENCIÓN DE MIEL DE MALLORCA.....	24
FIGURA 6.12. USO DE CALEFACCIÓN EN LA OBTENCIÓN DE MIEL DE MALLORCA.....	24
FIGURA 6.13. LUGAR Y DÍAS DE MADURACIÓN DE LA MIEL DE MALLORCA.....	24
FIGURA 6.14. ANTIGÜEDAD DE LA CERA EN LAS ALZAS O MEDIAS ALZAS.....	25
FIGURA 6.15. CONTENIDO EN HUMEDAD (% BH). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	36
FIGURA 6.16. CONTENIDO EN HUMEDAD (% BH). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	36
FIGURA 6.17. ACTIVIDAD DE AGUA. MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	36
FIGURA 6.18. ACTIVIDAD DE AGUA. MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	36
FIGURA 6.19. COLOR (MM PFUND). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	36
FIGURA 6.20. COLOR (MM PFUND). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	36
FIGURA 6.21. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MS/CM). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	38
FIGURA 6.22. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MS/CM). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	38
FIGURA 6.23. ACTIVIDAD DIASTÁISCA (ESCALA SCHADE). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	38
FIGURA 6.24. ACTIVIDAD DIASTÁISCA (ESCALA SCHADE). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	38
FIGURA 6.25. CONTENIDO EN HIDROXIMETILFURFURAL (MG/KG). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	38
FIGURA 6.26. CONTENIDO EN HIDROXIMETILFURFURAL (MG/KG). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	38
FIGURA 6.27. SÓLIDOS INSOLUBLES (%). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	40
FIGURA 6.28. SÓLIDOS INSOLUBLES (%). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	40
FIGURA 6.29. CONTENIDO EN FRUCTOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	40
FIGURA 6.30. CONTENIDO EN FRUCTOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	40
FIGURA 6.31. CONTENIDO EN GLUCOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	40
FIGURA 6.32. CONTENIDO EN GLUCOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	40
FIGURA 6.33. CONTENIDO EN FRUCTOSA + GLUCOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	41
FIGURA 6.34. CONTENIDO EN FRUCTOSA + GLUCOSA (%). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	41
FIGURA 6.35. RATIO FRUCTOSA/GLUCOSA. MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	41
FIGURA 6.36. RATIO FRUCTOSA/GLUCOSA. MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	41
FIGURA 6.37. CONTENIDO EN SACAROSA (%). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	41
FIGURA 6.38. CONTENIDO EN SACAROSA (%). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	41
FIGURA 6.39. PH. MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	43
FIGURA 6.40. PH. MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	43
FIGURA 6.41. ACIDEZ LIBRE (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	43
FIGURA 6.42. ACIDEZ LIBRE (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	43
FIGURA 6.43. CONTENIDO EN LACTONAS (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	43
FIGURA 6.44. CONTENIDO EN LACTONAS (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	43
FIGURA 6.45. ACIDEZ TOTAL (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE OTOÑO.....	44
FIGURA 6.46. ACIDEZ TOTAL (MEQ/KG). MIEL DE MALLORCA DE PRIMAVERA.....	44

FIGURA 6.47. DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN POR POLEN MAYORITARIO (>45 %)	47
FIGURA 6.48. DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS POR LOCALIZACIÓN DE LOS APIARIOS Y POR POLEN MAYORITARIO (>45 %)	47
FIGURA 6.49. CONTENIDO EN HUMEDAD (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.50. CONTENIDO EN HUMEDAD (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.51. ACTIVIDAD DE AGUA. MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.52. ACTIVIDAD DE AGUA. MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.53. COLOR (MM PFUND). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.54. COLOR (MM PFUND). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	49
FIGURA 6.55. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MS/CM). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.56. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MS/CM). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.57. ACTIVIDAD DIASTÁSICA (ESCALA SCHADE). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.58. ACTIVIDAD DIASTÁSICA (ESCALA SCHADE). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.59. CONTENIDO EN HMF (MG/KG). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.60. CONTENIDO EN HMF (MG/KG). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	50
FIGURA 6.61. SÓLIDOS INSOLUBLES (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.62. SÓLIDOS INSOLUBLES (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.63. CONTENIDO EN FRUCTOSA (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.64. CONTENIDO EN FRUCTOSA (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.65. CONTENIDO EN GLUCOSA (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.66. CONTENIDO EN GLUCOSA (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	51
FIGURA 6.67. CONTENIDO EN FRUCTOSA + GLUCOSA (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.68. CONTENIDO EN FRUCTOSA + GLUCOSA (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.69. RATIO FRUCTOSA/GLUCOSA. MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.70. RATIO FRUCTOSA/GLUCOSA. MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.71. CONTENIDO EN SACAROSA (%). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.72. CONTENIDO EN SACAROSA (%). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	52
FIGURA 6.73. PH. MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.74. PH. MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.75. ACIDEZ LIBRE (MEQ/KG). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.76. ACIDEZ LIBRE (MEQ/KG). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.77. CONTENIDO EN LACTONAS (MEQ/KG). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.78. CONTENIDO EN LACTONAS (MEQ/KG). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	53
FIGURA 6.79. ACIDEZ TOTAL (MEQ/KG). MIELES DE OTOÑO DE DIFERENTES TIPOS	54
FIGURA 6.80. ACIDEZ TOTAL (MEQ/KG). MIELES DE PRIMAVERA DE DIFERENTES TIPOS	54
FIGURA 6.81. MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS. MUESTRAS DE MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO POLÍNICO	55
FIGURA 6.82. CONTRIBUCIÓN DE CADA VARIABLE A LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (DIM1 Y DIM2). ACP. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS	56
FIGURA 6.83. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE PRINCIPAL. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS	57
FIGURA 6.84. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS	58
FIGURA 6.85. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES TIPOS	59
FIGURA 6.86. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE DIFERENTES ÉPOCAS DE RECOLECCIÓN	60
FIGURA 6.87. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA AGRUPADAS DE ACUERDO A LA LOCALIZACIÓN DE LOS APIARIOS	60
FIGURA 6.88. APC. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA AGRUPADAS DE ACUERDO A SU COLOR	61
FIGURA 6.89. CONTENIDO EN HUMEDAD (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	63
FIGURA 6.90. ACTIVIDAD DE AGUA. MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	63
FIGURA 6.91. COLOR (MM PFUND). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	63

FIGURA 6.92. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MS/CM). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES.....	63
FIGURA 6.93. ACTIVIDAD DIASTÁSICA (ESCALA SCHADE). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	63
FIGURA 6.94. CONTENIDO EN HMF (MG/KG). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	63
FIGURA 6.95. CONTENIDO EN SÓLIDOS INSOLUBLES (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.96. CONTENIDO EN FRUCTOSA (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.97. CONTENIDO EN GLUCOSA (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.98. CONTENIDO EN FRUCTOSA + GLUCOSA (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.99. RATIO FRUCTOSA/GLUCOSA. MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.100. CONTENIDO EN SACAROSA (%). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	64
FIGURA 6.101. PH. MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	65
FIGURA 6.102. ACIDEZ LIBRE (MEQ/KG). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	65
FIGURA 6.103. CONTENIDO EN LACTONAS (MEQ/KG). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES	65
FIGURA 6.104. ACIDEZ TOTAL (MEQ/KG). MIEL DE ALGARROBO VS MIEL DE MILFLORES.....	65
FIGURA 6.105. MATRIZ DE CORRELACIONES. VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS EN LAS MUESTRAS DE MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MILFLORES	66
FIGURA 6.106. CONTRIBUCIÓN DE CADA VARIABLE A LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (DIM1 Y DIM2. ACP. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MIEL DE MALLORCA MILFLORES	67
FIGURA 6.107. ACP. PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR CADA COMPONENTE PRINCIPAL. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MIEL DE MALLORCA MILFLORES.....	68
FIGURA 6.108. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MIEL DE MALLORCA MILFLORES.....	69
FIGURA 6.109. ACP. REPRESENTACIÓN DE LAS VARIABLES Y LAS MUESTRAS EN LAS COORDENADAS DIM2 VS DIM1. MUESTRAS MIEL DE MALLORCA DE ALGARROBO Y MIEL DE MALLORCA MILFLORES.....	70

1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL PROYECTO

La miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* a partir del néctar de plantas o de secreciones de partes vivas de plantas o de excreciones de insectos chupadores presentes en las partes vivas de plantas, que las abejas recolectan, transforman combinándolas con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en colmenas para que madure (DIRECTIVA 2001/110/CE, 2014).

Según el documento “El sector apícola español en 2020: principales magnitudes e Indicadores económicos” del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020)¹, el número de explotaciones apícolas en España ha aumentado en torno al 47 % en el periodo 2010/2021. En dicho informe se puede observar una relación entre el incremento en la producción apícola y el reconocimiento oficial de la calidad de la miel proveniente de un área geográfica delimitada.

Las cifras de inscripciones en el registro agrario demuestran que la apicultura está en auge en Mallorca, tras décadas de disminución del número de colmenas activas. Parece que esta tendencia está relacionada con el interés en la actividad apícola profesional que han demostrado los jóvenes agricultores y con el reconocimiento del valor intrínseco de la polinización como servicio ecosistémico.

En Baleares, oficialmente, ya hay registradas cerca de 11.000 colmenas, aunque se desconoce el número real de colmenas que hay actualmente en la isla de Mallorca ya que una parte importante de ellas no está registrada al corresponder a apiarios de autoconsumo.

Asimismo, cabe destacar que la demanda de miel autóctona, por parte tanto de residentes como de turistas, es elevada; sin embargo, la producción de la miel en Mallorca es escasa, consecuencia de la climatología y de la ausencia de alternativas como la trashumancia a otras zonas climáticas, por lo que no se puede competir en cantidad con otras regiones.

Para mejorar su competitividad, el sector apícola mallorquín necesita del reconocimiento de la calidad de la miel elaborada en Mallorca; para ello es necesario demostrar sus características diferenciales y vinculación al territorio, así como reforzar su imagen de marca. Con este distintivo de calidad, productores y consumidores podrían disfrutar de las ventajas que supone un mayor reconocimiento, prestigio y control del producto.

Las DOP e IGP pueden ser consideradas como un elemento que favorece la diferenciación de la producción contribuyendo al incremento de la competitividad de las industrias agroalimentarias, fundamentalmente a través de la valorización de estos productos por parte del consumidor, siendo, al mismo tiempo, un instrumento vertebrador en el desarrollo y sostenibilidad de los tejidos rurales y erigiéndose como una señal de promoción de la imagen de los productos españoles en el exterior.

En la actualidad, Mallorca cuenta con la marca ÉSMEL², propiedad de la Agrupación para la Defensa de la Abeja Autóctona Mallorquina. Su finalidad es la obtención de miel de una calidad diferenciada y garantizada. Su reglamento establece los tipos de mieles que se pueden producir según su origen botánico y según su presentación o método de obtención. Desde el año 2010, esta marca de garantía ha visto reducida su

¹https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicossectorapicola2020_tcm38-576093.pdf

² <http://www.esmel.com/pdf/REGLAMENT.pdf>

producción anual, pasando de 11000 kg a 2109 kg en 2020, acogiendo actualmente a 4 productores (Illes Balears Qualitat- IQUA)³.

Con este proyecto de investigación aplicada se pretende contribuir a revertir esta tendencia, y también a apoyar a la defensa, fomento, control y mejora de la apicultura sostenible en las Islas Baleares.

Para ello, se estudiará si la miel de Mallorca es un producto con unas características físicas, químicas y sensoriales diferenciadas. Los datos melisopalínológicos de la miel, establecen el origen botánico y, por tanto, un vínculo con la flora presente en los ecosistemas en los que se produce. Asimismo, entre los factores naturales que influyen directamente en el producto hay que señalar la orografía y el clima además del factor humano.

No se han encontrado estudios científicos sobre las características de la miel de Mallorca.

2 OBJETIVO

La apicultura depende estrechamente del entorno que la rodea y, por tanto, los factores naturales como la orografía, el clima y la vegetación influyen directamente en la producción y calidad de la miel. Cada tipo de miel presenta unas características fisicoquímicas y organolépticas, relacionadas fundamentalmente con la diversidad floral de la zona geográfica.

Para las mieles amparadas por una DOP o una IGP, el espectro polínico se establece como prueba inequívoca de origen al trazar la relación de una miel con las especies vegetales de las que la obtuvieron las abejas y, por tanto, con el territorio geográfico donde fueron producidas. Estos datos se ven reforzados con parámetros físico-químicos y sensoriales característicos del producto.

En el momento actual y dentro de la categoría “Otros productos de origen animal”, están registradas con Denominación de Origen Protegida (DOP) las siguientes mieles españolas: Miel de Villuercas-Ibores, Miel de Liébana, Miel de Tenerife, Miel de Granada, y Miel de La Alcarria; así como la IGP Miel de Galicia / Mel de Galicia. También con reconocimiento europeo a su calidad, encontramos mieles europeas como Miel de Cévennes, Miel de Provence y Miel d'Alsace (IGP's) y registradas con DOP: Miele Varesino, Miele delle Dolomiti Bellunesi, Miele della Lunigiana, Miel de Corse/ Mele di Corsica. Miel de sapin des Vosges, Miel-Marque Nationale du Grand-Duché de Luxembourg y Miele Varesino⁴.

El sector agroalimentario de las Islas Baleares ha dedicado especial atención en los últimos años a la obtención de productos ligados a la tierra, siguiendo las costumbres y tradiciones que le son propias y consiguiendo reconocimiento en una amplia gama de productos alimentarios.

En este contexto, el proyecto ha tenido como objetivo fundamental contribuir al conocimiento de la miel de Mallorca mediante su caracterización físico-química, melisopalínológica (espectro polínico) y sensorial; y, en la medida de lo posible, contribuir a establecer su vínculo con el medio.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos parciales:

- Identificación de los tipos de miel producidos en Mallorca en función de sus características, temporada de recolección y condiciones y métodos de producción.

³ <http://www.illesbalearsqualitat.es/iquafront/principal.html?lang=es>

⁴ <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/geographical-indications-register/>

- Descripción de los tipos de mieles seleccionados. Caracterización del producto y selección de parámetros que puedan dar lugar a una diferenciación en relación con los de su misma naturaleza.

3 EQUIPO INVESTIGADOR

Investigadoras responsables: Dra. Carmen Rosselló Matas, Catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Dra. Susana Simal Florindo, Catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Investigadores:

Dr A. Femenia Marroig. Catedrático de Ingeniería Química

Dra V. Eim Iznardo. Profesora Titular de Ingeniería Química

Dra M. Umaña. Investigadora contratada

Sra Beatriz Rayo. Técnico superior.

Sra C. Reche Landínez. Becaria predoctoral CAIB.

4 PLANIFICACIÓN EXPERIMENTAL

La miel de Mallorca se suele recolectar dos veces al año, siempre después de una producción importante de néctar de las plantas de la zona, obteniendo miel de otoño (que proviene de las floraciones de final de verano y de otoño, y miel de primavera, que proviene de las floraciones que tienen lugar entre los meses de febrero y mayo).

En el marco del presente estudio, se han utilizado dos tipos de muestras: las denominadas *miel de otoño* (recolectadas entre diciembre y enero de 2020), y las denominadas *miel de primavera* (recolectadas entre junio y julio de 2020).

4.1 Recogida y manipulación de muestras

Protocolo de recogida de la miel

Las muestras de miel se obtuvieron directamente de apicultores de Mallorca gracias a su participación activa en el proyecto, y a la colaboración de las Asociaciones ABA, APAEMA y de la agrupación "És Mel".

Para llevar a cabo la recolección de la miel, se elaboró un protocolo que se encuentra detallado en el Anexo I. Además, para cada muestra de miel, los apicultores completaron una encuesta incluyendo los datos de contacto, la localización del apiario, la descripción del entorno, el tipo de manejo, el estado sanitario de los apiarios, las condiciones de extracción y envasado, la antigüedad de la cera de las alzas utilizadas y cualquier comentario que el apicultor considerase importante incluir. El modelo de encuesta se encuentra en el Anexo II.

Muestras de miel

En este estudio se analizaron 28 muestras de miel de Mallorca de otoño, y 33 muestras de miel de Mallorca de primavera, recolectadas en diferentes zonas de la isla de Mallorca. Las zonas consideradas han sido: Llevant (LI), Migjorn (Mj), Pla de Mallorca (PM), Pla de Palma (PP), Raiguer (R), Tramuntana Nord (TN) y Tramuntana Sud (TS). La Figura 4.1 muestra el mapa de la isla de Mallorca indicando las diferentes zonas y con la señalización de las ubicaciones aproximadas de las colmenas. Se presentan en color naranja las correspondientes a las muestras de miel de Mallorca de otoño, y en color azul las de primavera.



Figura 4.1 Mapa de ubicación de los apiarios.

En la tabla 4.1 se presenta la distribución de muestras de miel de otoño y de primavera de acuerdo a las zonas indicadas por los apicultores. Cabe destacar que las muestras de primavera procedieron de apiarios de sólo 5 zonas de Mallorca.

Tabla 4.1 Muestras de miel de Mallorca utilizadas en el estudio.

	Núm. Muestras	
	OTOÑO	PRIMAVERA
Llevant	5	-
Migjorn	3	-
Pla de Mallorca	2	3
Pla de Palma	2	9
Raiguer	6	5
Tramuntana Nord	6	8
Tramuntana Sud	3	8
TOTAL	28	33

Para visualizar mejor la distribución de muestras por zonas y épocas del año, en la Figura 4.2 (miel de otoño) y la Figura 4.3 (miel de primavera) se han representado los porcentajes (%) de muestras de miel de Mallorca en cada ubicación, para las mieles de otoño y de primavera.

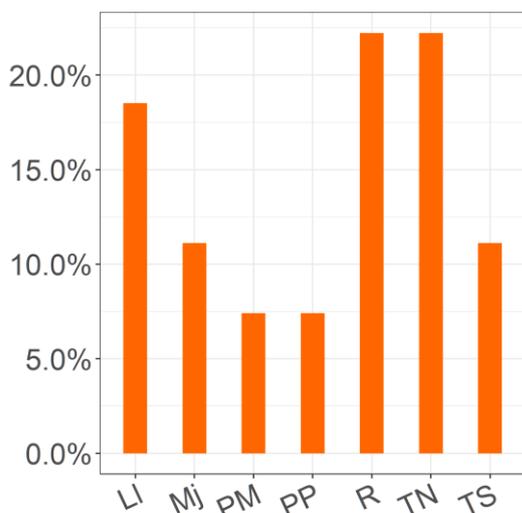


Figura 4.2. Distribución por zonas de las muestras de miel de Mallorca de otoño.

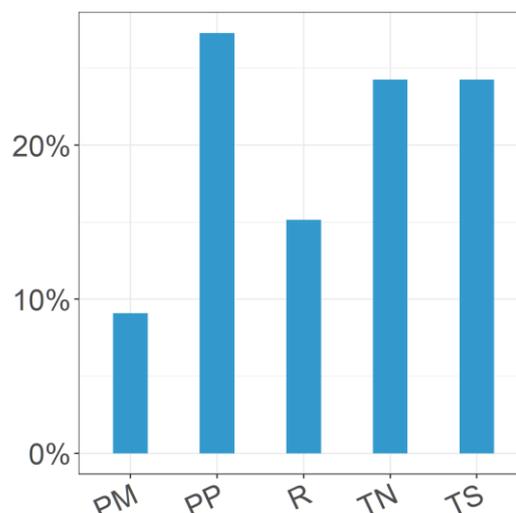


Figura 4.3. Distribución por zonas de las muestras de miel de Mallorca de primavera.

Muestras de 500 g de miel de Mallorca fueron enviadas a las dependencias de la UIB durante los meses de enero (miel de otoño) y julio (miel de primavera) y conservadas a $15.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ en oscuridad para mantener su calidad durante todo el tiempo necesario para su análisis. Las muestras se dividieron en 3 partes, 50 g se destinaron al análisis polínico, una porción se reservó para los análisis que se ven afectados por un aumento de temperatura (contenido en HMF, actividad diastásica y sensorial), y la tercera porción se utilizó para el resto de analíticas en las que se realizó un calentamiento al baño maría a 60°C en caso de que fuera necesario. Para homogeneizar las muestras de miel líquida, se colocó el bote boca abajo durante entre 30 y 60 s, después se agitó tres veces (cada vez con dos giros, boca arriba-boca abajo) asegurando que el aire del bote llega de una parte a la otra. En el caso de muestras cristalizadas y/o poco fluidas, se procedió a agitar con una varilla de vidrio.

4.2 Diseño experimental

4.2.1 Estudio de caracterización de la miel de Mallorca

Todas las muestras de miel fueron sometidas a determinaciones analíticas para su caracterización físico-química. Además, se determinaron las características melisopolinológicas (espectro polínico) de las muestras y se evaluaron sensorialmente.

Las determinaciones físico-químicas realizadas fueron:

- Contenido en humedad (%)
- Actividad de agua
- Color (mm Pfund)
- Conductividad eléctrica (mS/cm)
- Actividad diastásica (escala Schade)
- Contenido en hidroximetilfurfural (mg/kg)

- Sólidos insolubles (%)
- Azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) (%)
- pH
- Acidez libre, láctica y total (meq/kg)

Asimismo, se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante:

- Aplicación de técnicas estadísticas univariadas para establecer los valores medios e intervalos de tolerancia para cada parámetro físico-químico de las muestras de miel de Mallorca.
- Aplicación de técnicas estadísticas univariadas y multivariadas para evaluar la existencia de diferencias significativas entre muestras de miel provenientes de diferentes zonas de la isla, con diferentes clasificaciones en función del análisis polínico, y de acuerdo a su color según la escala Pfund.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se describen los métodos utilizados para la caracterización física, química y sensorial, así como para los análisis estadísticos realizados.

5.1 Contenido en humedad

La determinación del contenido en humedad se realizó por refractometría según el método oficial AOAC 969.38B (AOAC Official Method, 1998c). La muestra se atemperó a 20 °C y la determinación se realizó con un refractómetro de sobremesa Abbe (modelo 325, Zuzi, Italia) termostaticado a 20 °C (Tectron Bio, Selecta, España).

Las muestras de mieles líquidas no cristalizadas se homogeneizaron por agitación. Las muestras que presentaron cristalización parcial o total, se fundieron a baño de María a 60-65 °C y seguidamente se atemperaron a 20 °C. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

5.2 Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) de las muestras de miel líquidas y cristalizadas se determinó a 25 ± 0.2 °C utilizando un termohigrómetro eléctrico (LabMaster-aw, Novasina, Suiza). El equipo fue calibrado a 25 °C de acuerdo con el manual del fabricante y utilizando las siguientes sales estandarizadas: LiCl, MgCl₂, Mg(NO₃)₂, NaCl, BaCl₂ y K₂Cr₂O₇. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

5.3 Color (mm Pfund)

El color de las muestras de miel se determinó mediante el método Pfund descrito por de Sousa et al. (2016). Se determinó la absorbancia a 636 nm de las mieles diluidas 1:2 (p/v) en agua miliq, convirtiéndose a la escala Pfund mediante la ecuación 1. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Pfund es una escala universal de color de la USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) para la designación del color de la miel. En la tabla 5.1 se muestra dicha clasificación, según el rango de mmPfund.

$$\text{Color (mm Pfund)} = -38.7 + 371.39 \times \text{Abs}(636\text{nm}) \quad [\text{ec. 1}]$$

Tabla 5.1 Escala Pfund (mm Pfund) para medir el color de la miel.

						
Blanco agua	Extra blanco	Blanco	Ámbar extra claro	Ámbar claro	Ámbar	Ámbar oscuro
≤8	(8-17]	(17-34]	(34-50]	(50-85]	(85-114]	≥ 114

5.4 Conductividad eléctrica

Se determinó la conductividad eléctrica de la miel según la metodología descrita por la *International Honey Commission* (2009)⁵. La medida se realizó a 25 °C en una muestra de miel diluida en agua miliq, 1:5 (p:V), empleando un conductímetro (HI9033, Hanna Instruments SRL, Italia), previamente calibrado. Los resultados se expresan en mS/cm. Las medidas se realizaron por triplicado.

5.5 Contenido en azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa)

El perfil de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa), se determinó mediante HPLC de acuerdo al método oficial AOAC 977.20 (AOAC Official Method, 2006). Se pesaron aproximadamente 5 g de miel y se enrasó a 50 mL con una disolución 1:1 de acetonitrilo/agua. A continuación, 2 mL de esta disolución filtrada (0.45 µm, filtros PTFE) se vertieron en los viales de cromatografía. La determinación de los azúcares se realizó utilizando un cromatógrafo Waters con inyector automático WISP700, sistemas de bombas 600, detector modular refractómetro 410 y software Empower. Se empleó una columna (Columna 300 x 4 (di) mm µ-Bondapak/Carbohydrate (waters associates núm. 84038) y una disolución de acetonitrilo en agua miliq (83:17) como fase móvil (caudal 1 mL/min, isocrático y a temperatura ambiente). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

5.6 Contenido en hidroximetilfurfural

El contenido en hidroximetilfurfural (HMF) en muestras de miel se determinó por el método espectrofotométrico, de acuerdo al método oficial AOAC 980.23 (AOAC Official Method, 1998d).

Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose el resultado en mg/kg.

⁵ <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>

5.7 Acidez libre, láctónica y total

La acidez libre, láctónica y total de las muestras de miel se determinaron por titulación siguiendo el método oficial AOAC 962.19 (AOAC Official Method, 1998b).

Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose el resultado en meq/kg.

5.8 pH

El pH de las muestras de miel se determinó en una disolución de miel al 1:5 (p:V) según la metodología descrita por Wu et al. (Wu et al., 2020). Se midió el pH a 25 °C con el pH-metro (HI98190, Hanna Instruments SRL, Rumania) previamente calibrado. Las medidas se realizaron por triplicado.

5.9 Sólidos insolubles

El contenido en sólidos insolubles en agua se determinó de acuerdo al método descrito por Belay et al. (2013), con pequeñas modificaciones. Se determinó el contenido de sólidos insolubles en agua como la masa de residuo seco obtenido después del filtrado de la disolución de miel.

Se preparó una disolución de miel (~ 20 g miel/50 mL de agua destilada atemperada a 80 °C), se le ajustó el pH entre 8-9 con NaOH 0.1 N, seguidamente se filtró a través de un filtro de tamaño de poro de 10-40 µm (Whatman 541) previamente secado a 135 °C, se lavó el filtrado con agua a 80 °C y se secó el residuo a 135 °C durante 1 h (hasta peso constante).

El contenido en sólidos insolubles se calcula según la ecuación 6:

$$\% \text{ sólidos insolubles } \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad [\text{eq. 2}]$$

dónde:

- m_1 es el peso (g) de residuo seco
- m_2 es peso (g) de la muestra de miel

5.10 Actividad diastásica

La actividad diastásica se determinó según el método oficial AOAC 958.09 (AOAC Official Method, 1998a). La enzima diastasa tiene como función catalizar la hidrólisis del almidón, por tanto, el método se basa en el seguimiento de la hidrólisis de una solución de almidón normalizada por la acción del enzima presente en la miel, empleando una solución de I_2 (0.7 mM) como revelador.

Se representan los datos de absorbancia en función del tiempo (min), y se interpola el tiempo para una absorbancia de 0.235. Los resultados se expresan en número de diastasa (ND) (escala de Schade). según la ecuación 7.

$$ND = \frac{300}{\text{tiempo (min)}} \quad [\text{eq. 3}]$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

5.11 Espectro polínico

El análisis de las características melisopalinológicas de las muestras de miel se realizó según la metodología recogida en el BOE núm. 145 de 18 de junio de 1986 (BOE núm. 145, 1986). El método consiste en el conteo del polen presente en la muestra observado por microscopía óptica, previa tinción de la muestra con fuscina básica. Este análisis se realizó en el laboratorio externo “Pajuelo Consultores Apícolas” (Castellón, España). El resultado se expresa como porcentaje de las diferentes variedades polínicas presentes en la muestra.

5.12 Caracterización sensorial

Con el apoyo del jurado de cata de l’Associació pel Foment dels Aliments de les Illes Balears (AFAIB) y el asesoramiento de las diversas entidades participantes en el proyecto, se procedió a describir las características sensoriales de las muestras de miel de Mallorca diferenciando entre miel de otoño y miel de primavera.

5.13 Tratamiento estadístico de datos

Para llevar a cabo el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos para cada muestra respecto a las variables físicas y químicas, se ha usado el software R (R Core Team, 2019).

Se han utilizado los paquetes de R (por orden alfabético):

- car (Fox & Weisberg, 2018)
- corrplot (Wei & Simko, 2016)
- factoMineR (Lê, Josse, & Husson, 2008)
- factoextra (Kassambara & Mundt, 2020)
- fBasics (Wuertz, Setz, Chalabi, & Maechler, 2020)
- ggplot2 (Wickham, 2017)
- ggthemes (Arnold, 2021)

5.13.1 Análisis univariante

Las muestras de miel de Mallorca se clasificaron, en primer lugar, como muestras de otoño y muestras de primavera. Para cada parámetro físico-químico, se determinó la media, la desviación estándar, la mediana y el intervalo de tolerancia en ambos grupos.

Además, se consideraron, como posibles subgrupos:

- la localización de los apiarios según las siguientes zonas: Llevant, Mitjorn, Pla de Mallorca, Pla de Palma, Raiguer, Tramuntana Nord y Tramuntana Sud, tal y como se muestra en la Figura 4.1 Mapa de ubicación de los apiarios.

- La clasificación de acuerdo al perfil polínico según el polen mayoritario si este representa, al menos un 45 %, o, en caso contrario, como miel multifloral o milflores.

Para cada una de estas agrupaciones, se determinó la distribución de frecuencias dentro del conjunto de muestras evaluadas distinguiendo entre miel de otoño y de primavera.

Para visualizar las diferencias entre grupos de muestras, los resultados se representaron en forma de **diagramas de caja** (box plots, Figura 5.1). Para ello, se ha empleado la función `boxplot` del paquete `ggplot2` de R. Un diagrama de caja es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes". Para ilustrar este tipo de representación se presenta la Figura 5.1. Los extremos superior e inferior de la caja representan los percentiles 25 (Q_1) y 75 (Q_3) respectivamente; la línea roja es la mediana y las líneas por encima y por debajo de las cajas representan la amplitud intercuartil (IQR), variable que indica la dispersión de las medidas. El intervalo intercuartil (IQR) corresponde al valor ($Q_3 - Q_1$). Para dibujar las líneas que se extienden desde la caja (bigotes), hay que calcular los límites mínimo ($Q_1 - 1.5 \text{ IQR}$) y máximo ($Q_3 + 1.5 \text{ IQR}$), a partir de los cuales se identifican los valores atípicos (outliers) (marcados con un círculo rojo) que corresponden a los valores inferiores al mínimo o superiores al máximo.

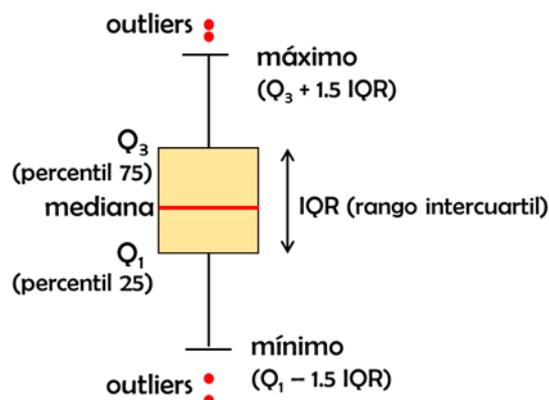


Figura 5.1 Ilustración de los diagramas de caja (box plots).

Para evaluar la existencia de **diferencias significativas** entre muestras respecto a una variable, se utilizaron métodos paramétricos; se empleó el test de la *t* de Student (función `t.test` de R) para comparar entre dos muestras, o un ANOVA (función `aov` de R) seguido de un test de Tuckey (función `TukeyHSD` de R) basado en la distribución de Student, con un nivel de significación del 95%, en caso de comparar más de dos muestras. El resultado de estos test se incorporó a los diagramas de cajas.

5.13.2 Análisis multivariable

Como técnicas de análisis multivariable, se emplearon la **matriz de correlaciones** de Pearson y el **análisis de componentes principales** (ACP).

La matriz de correlaciones es una tabla de doble entrada, que muestra el coeficiente de correlación entre cada pareja de variables (valor comprendido entre -1 y 1). Cuanto más cercano a la unidad (en valor absoluto) sea el coeficiente de correlación, mayor es la correlación existente entre ambas variables.

Para visualizar los resultados de la matriz de correlaciones, se utilizó la función `corrplot` del paquete `corrplot` de R, indicando el valor del coeficiente de correlación. Las correlaciones positivas se muestran en rojo y las negativas en verde. La intensidad del color es proporcional al coeficiente de correlación.

En un conjunto de datos, determinadas variables pueden estar relacionadas entre ellas puesto que más de una variable puede estar midiendo el mismo efecto o comportamiento del sistema. Esta redundancia de información se puede simplificar mediante el análisis de componentes principales (ACP). El ACP es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia. Se genera un nuevo grupo de variables (componentes principales) cada una de las cuales es combinación lineal de las variables originales y que en conjunto forman una base ortogonal (evitar información redundante). El ACP no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos.

Del conjunto de variables analizadas, se seleccionaron para el ACP, aquellas que mostraron ser significativamente diferentes entre muestras. Cuando todas las variables están en la misma zona de la escala, se puede realizar el ACP directamente sobre ellas. Si están en diferentes órdenes de magnitud o sus varianzas son muy diferentes, se estandarizan previamente los datos utilizando por ejemplo la inversa de la varianza. El ACP se llevó a cabo utilizando la función `PCA` del paquete `FactoMineR` de R, escalando las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen un peso equivalente en el análisis.

Para visualizar los resultados del ACP se utilizaron funciones del paquete `factoextra` de R:

- **función `fviz_eig`**, que permite extraer y visualizar los valores propios y la varianza explicada por cada dimensión mediante un scree plot
- **función `fviz_contrib`**, para evaluar la contribución de cada variable a cada una de las dimensiones o componentes principales
- **función `fviz_pca_var`**, mediante la cual, se representan las variables en el nuevo espacio de componentes principales. En este gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por los dos componentes representados, habitualmente los dos primeros (Dim1 y Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra). Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los componentes representados). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno (\cos^2) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del \cos^2 sobre todos los componentes principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de \cos^2 sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.
- **función `fviz_pca_biplot`**, biplot para representar de forma conjunta, las muestras y las variables. En cuanto a las variables, se reproduce la información mostrada mediante la función `fviz_pca_var`. En cuanto a las muestras, se pueden observar los posibles agrupamientos entre muestras y su relación con las variables.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se describe, en primer lugar, la información recogida a través de las encuestas realizadas a los elaboradores, que contribuye a la descripción del entorno y de los métodos utilizados para la obtención de la miel de Mallorca.

A continuación, se presentan y se discuten los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las muestras de miel de Mallorca, distinguiendo entre dos grupos, miel de otoño y miel de primavera.

- Caracterización físico-química de la miel de Mallorca.
- Comparación de las características físico-químicas de la miel de Mallorca con mieles con DOP e IGP.
- Evaluación de las características físico-químicas de las muestras de miel de acuerdo a la localización de los apiarios.
- Resultados del análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca.
- Evaluación del perfil melisopalinológico de acuerdo a la época y a la localización de los apiarios.
- Comparación entre las características físico-químicas de mieles de diferentes tipos polínicos
- Comparación entre la miel de Mallorca de algarrobo y la miel de Mallorca milflores
- Descripción sensorial de la miel de Mallorca

6.1 Entorno y método de obtención de la miel de Mallorca

Descripción del entorno

Tal y como se comentó en la descripción de la recogida de muestras (4.1 Recogida y manipulación de muestras), los apicultores completaron una encuesta para cada muestra detallando los datos de contacto, la localización del apiario, la descripción del entorno, el tipo de manejo, el estado sanitario de los apiarios, las condiciones de extracción y envasado y la antigüedad de la cera de las alzas utilizadas.

Para realizar la descripción del entorno, los apicultores informaron del tipo de vegetación en un radio de 1 km alrededor de las colmenas, la altitud sobre el nivel del mar y la distancia a la costa. Estos datos han sido recogidos, en forma de porcentaje de muestras para cada respuesta. Cabe destacar que, para la descripción de la vegetación, los elaboradores podían seleccionar tantas opciones en la encuesta como fueran necesarias. Tal y como puede observarse en la Figura 6.1, la vegetación cercana a las colmenas fue variada destacando, tanto en otoño como en primavera, la contribución del cultivo de secano y la garriga y bosque.

En cuanto a la altitud de los apiarios sobre el nivel del mar (Figura 6.2, izquierda) se observan importantes diferencias entre muestras de miel de Mallorca de otoño y las de primavera. La mayoría de apiarios de las muestras de otoño se encontraban a altitudes superiores a 100 m, alcanzando hasta los 420 m. Sin embargo, la mayoría de las muestras de primavera (73 %) correspondieron a apiarios localizados en zonas bajas (≤ 20 de altitud), el 9 % entre 50 y 100 m, y el 15 % restante a más de 100 m de altitud, siendo la altitud superior de 300 m.

En cuanto a la distancia a la costa (Figura 6.2, derecha), el reparto fue similar entre apiarios de las muestras de otoño y primavera, estando en ambos casos la mayoría de ellos a más de 10 km de la costa. Cabe destacar el elevado porcentaje de encuestas sin respuesta en este ítem, especialmente en las muestras de otoño.

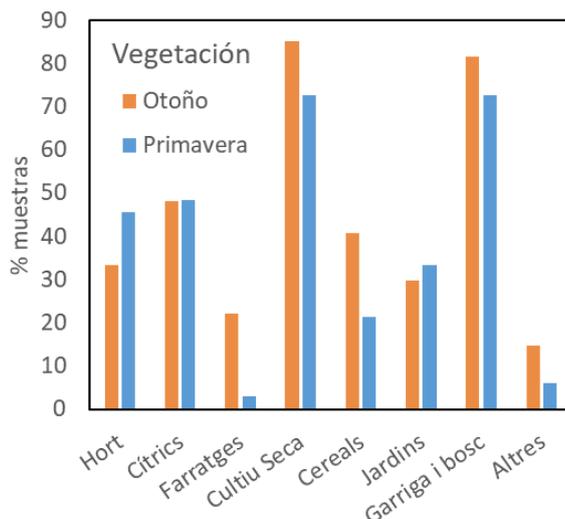


Figura 6.1. Vegetación en un radio de 1 km alrededor de las colmenas.

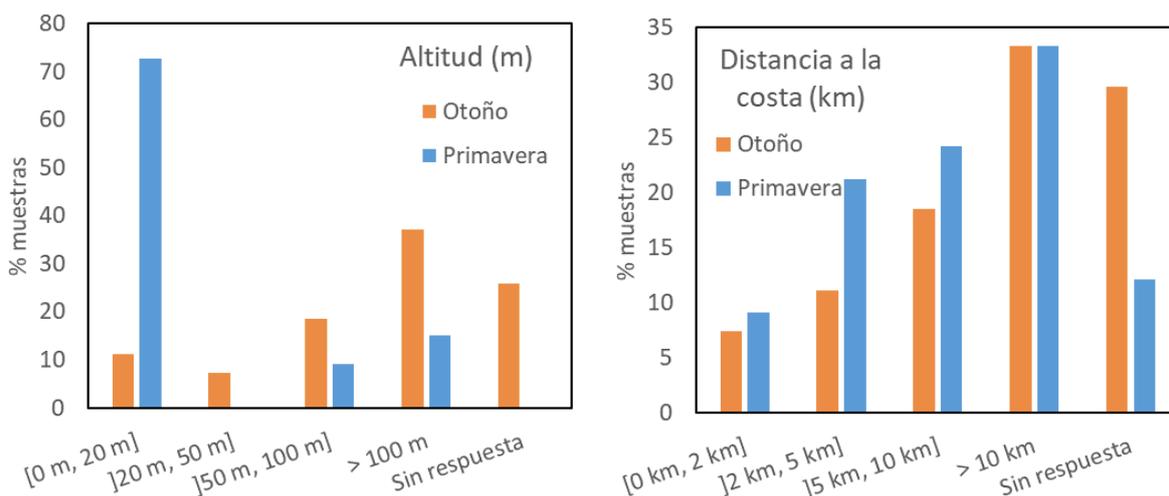


Figura 6.2. Altitud sobre el nivel de mar (m) y distancia a la costa (km) de las colmenas.

Tipo de manejo

El tipo de manejo de las colmenas se describió en las encuestas indicando el tipo de colmena utilizada, el modelo (alza o media alza) y cantidad de alzas utilizadas, si se usa excluidor de reinas, tratamiento contra varroa, y en su caso, el período de aplicación, si las abejas fueron alimentadas, y en su caso el período de aplicación, y el tipo de desabejado utilizado (*fumador*, *raspall*, *escapement* o *bufador*).

En la Figura 6.3 se ha representado la distribución de las muestras de miel de Mallorca de acuerdo al tipo de colmena utilizado (izquierda) y al modelo de alza (alza o media alza). Se observan escasas diferencias entre los resultados para las mieles de ambas épocas del año, siendo la colmena tipo Langstroth o Langstroth/Perfection la más utilizada por los apicultores de Mallorca (70 % en las muestras de otoño y 91 % en las de primavera), habitualmente con media alza (63 % en las muestras de otoño y 76 % en las de primavera). En cuanto al excluidor de reinas (Figura 6.4), en la mayoría de casos no se utiliza (59 % en las muestras de otoño y 76 % en las de primavera).

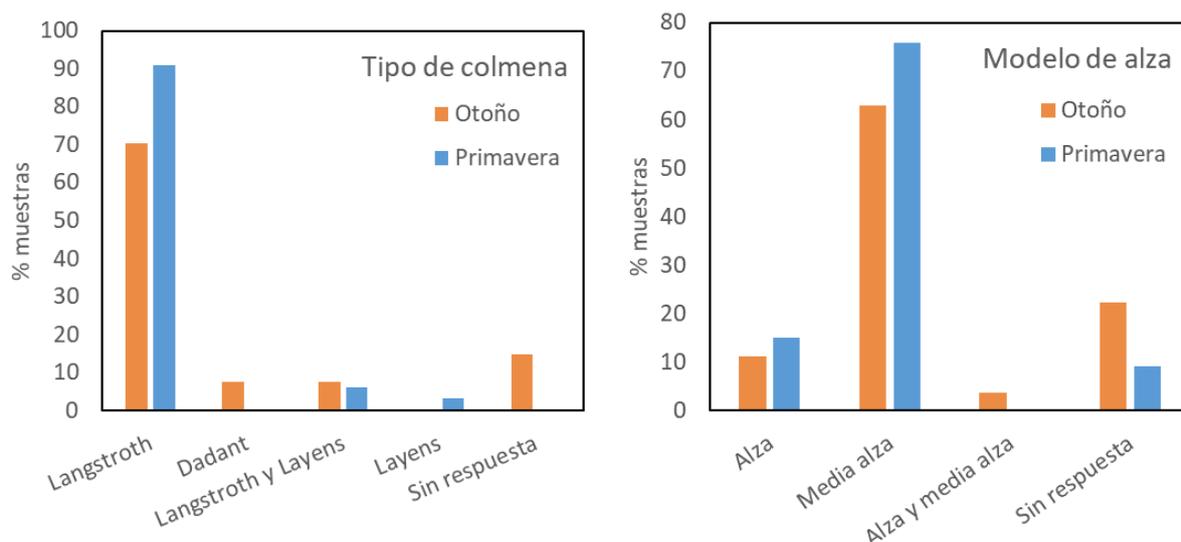


Figura 6.3. Tipos de colmenas y uso de alzas.

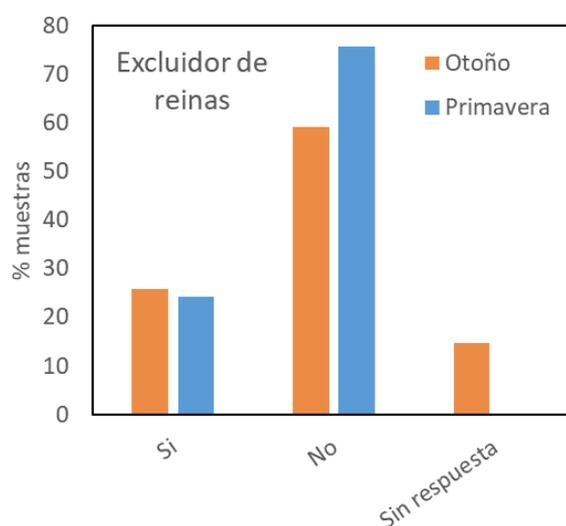


Figura 6.4. Uso de excluidor de abejas reina.

La varroa es un ácaro que se fija sobre abejas adultas y que produce diversos efectos, como el envejecimiento prematuro de las abejas y la reducción de su esperanza de vida, mala alimentación de las crías y mal funcionamiento del sistema inmunitario, entre otros. Por este motivo, es frecuente la realización de tratamiento con el objetivo de eliminarlo. De acuerdo a las encuestas, en la producción de miel de Mallorca de otoño se utilizó tratamiento en el 78 % de los casos (15 % sin respuesta) y en la de primavera, en el 90 % de los casos (6 % sin respuesta) (Figura 6.5). Para las muestras de otoño, el tratamiento se realizó entre marzo y diciembre, principalmente durante el mes de marzo (en el 38 % de los casos) (Figura 6.5, derecha), si bien, el 26 % de los elaboradores que informaron que sí hacían el tratamiento, no respondieron a la pregunta sobre el período del año en que lo hicieron. En el caso de las muestras de miel de primavera, el tratamiento se hizo entre los meses de diciembre a marzo, y la mayoría lo hicieron durante el mes de febrero (27 %), si bien de nuevo, hay un 37 % sin respuesta.

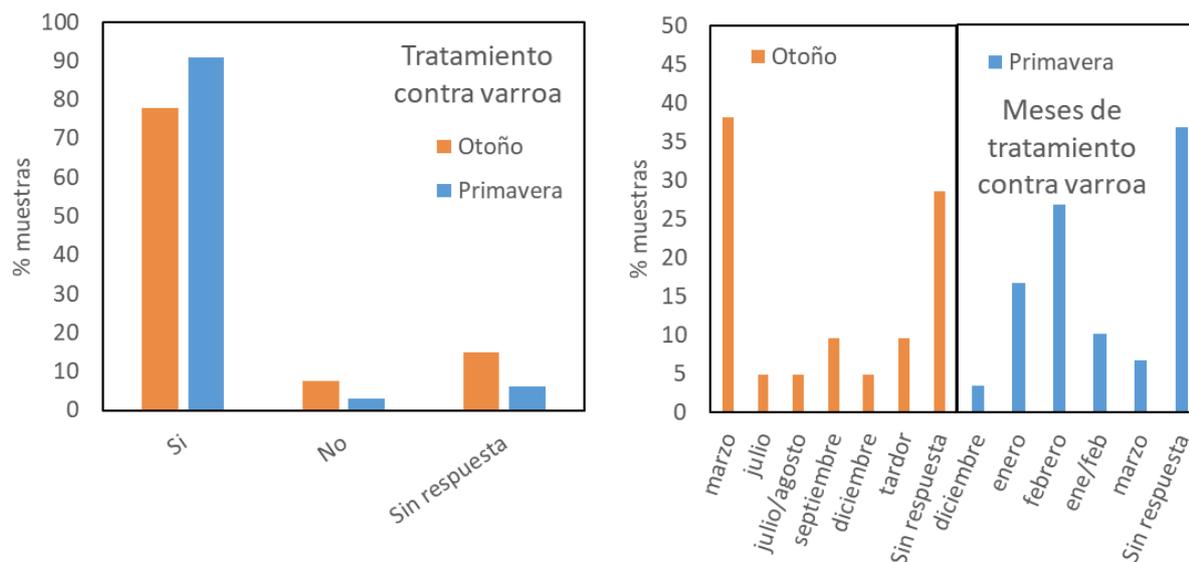


Figura 6.5. Realizado tratamiento contra varroa y, en su caso, meses de tratamiento.

En cuanto a la alimentación, tal y como puede observarse a la izquierda de la Figura 6.6, el porcentaje de apicultores que alimentaron a las abejas fue superior en otoño (56 % frente al 33 % en primavera). Debe tenerse en cuenta que en un 22 % de las encuestas para las muestras de otoño no se respondió a esta cuestión, mientras que para las de primavera se respondió en el 100 % de los casos. En cuanto a la época de alimentación, ésta tuvo lugar, para la miel de Mallorca de otoño, entre los meses de julio y septiembre, y entre enero y febrero para la de primavera.

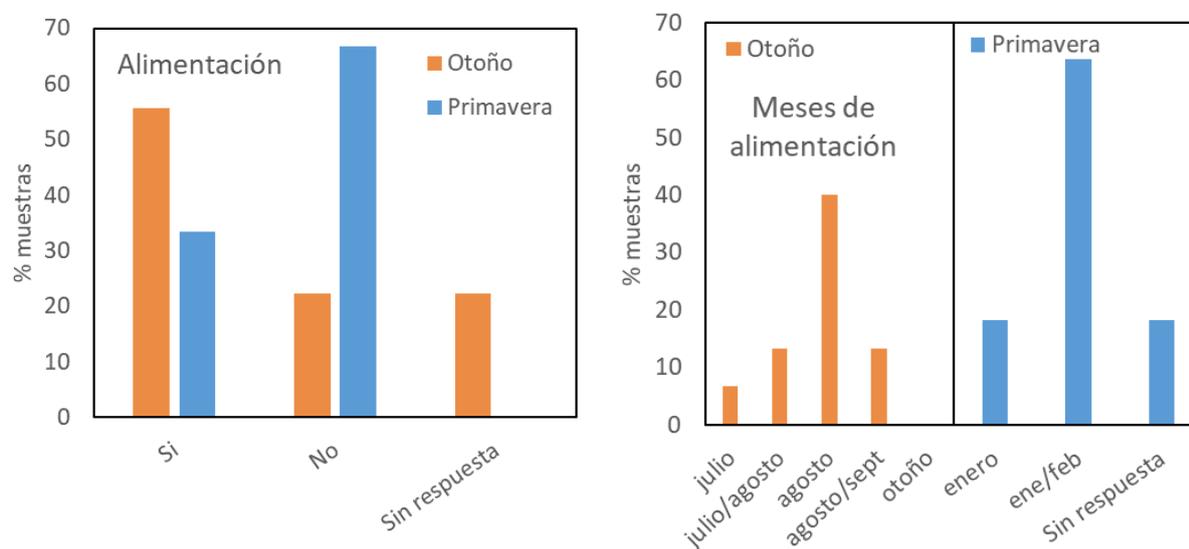


Figura 6.6. Alimentación de las abejas y meses de alimentación.

La Figura 6.7 muestra la distribución en porcentajes, de los utensilios utilizados para desabejar. Los más utilizados en la elaboración de la miel de Mallorca son el *fumador* y el *raspall*, y la combinación de ambos, si bien también se utilizan otros. En cuanto a la detección de enfermedades, se dio únicamente en un caso en la miel de primavera (identificado como *Loque Europea*, una enfermedad de la cría de las abejas melíferas que ataca las larvas y pupas de las abejas) y dos en la de otoño (identificadas como polilla/abejaruco y abejaruco). En ninguno de los tres casos se hicieron tratamientos a las colmenas.

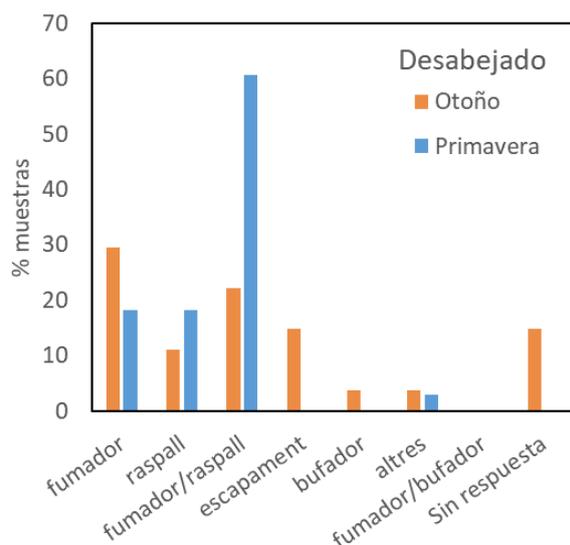


Figura 6.7. Utensilios utilizados para desabejar.

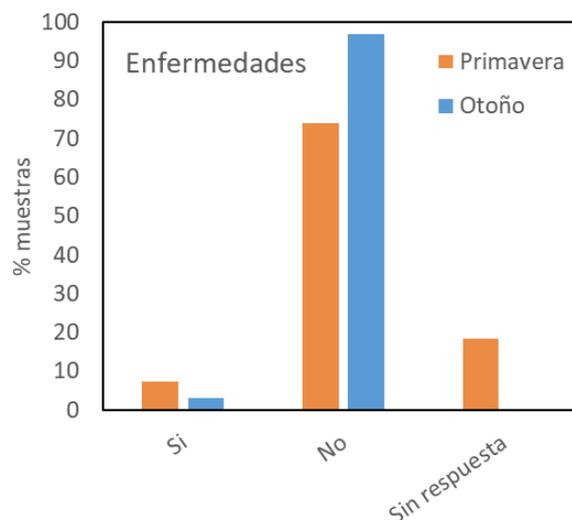


Figura 6.8. Detección de enfermedades en la colmena.

Obtención de la miel

A continuación, se muestran los resultados de las encuestas realizadas a los elaboradores de miel de Mallorca referentes a la metodología de extracción y envasado.

En la Figura 6.9 se ha representado el porcentaje de muestras obtenidas en función de la dedicación de la sala de trabajo, permanente o temporal. Como puede observarse, la mayoría de las muestras de otoño se obtuvieron en salas permanentes mientras que, en el caso de las muestras de primavera, se repartió entre salas de uso permanente y temporal prácticamente al 50 %.

En cuanto al método de extracción (Figura 6.10), alrededor del 90 % se obtiene mediante centrifugación, tanto en la miel de Mallorca de otoño como en la de primavera, y el restante 10 % mediante goteo. No se emplea el método de prensado.

La mitad de los elaboradores de miel de Mallorca de otoño utilizó deshumidificador para controlar la humedad ambiente durante el envasado, mientras que en el caso de la miel de Mallorca de primavera, se utilizó sólo en un 25 % de las muestras (Figura 6.11). Además, el 87 y 95 % de los elaboradores de la miel de Mallorca de otoño y de primavera, respectivamente, usaron calefacción para controlar la temperatura de la sala de envasado (Figura 6.12).

Tal y como se observa en la Figura 6.13 (izquierda), en el 67 % de las muestras, la miel de Mallorca de otoño maduró en depósitos maduradores con filtro y en el 30 % lo hizo dentro de los botes de miel (4 % sin respuesta). De manera similar, en el caso de la miel de Mallorca de primavera, la maduración tuvo lugar en depósitos maduradores con filtro en el 55 % de los casos y 39 % dentro de los botes de miel (6 % sin respuesta). Por otro lado, los días de maduración de la miel (Figura 6.13, derecha) fueron variables de acuerdo a las encuestas, entre 1 y 17 días para la miel de otoño (19 % sin respuesta), y entre 0 y 30 días para la miel de primavera (42 % sin respuesta).

Finalmente, la cera de las alzas o medias alzas utilizadas tenía, en el caso de la miel de otoño, entre 0 y 2 años en 67 % de las muestras, y entre 2 y 5 años el 33 % restante; mientras que, en la miel de primavera, el 85 % tenía hasta de 2 años (Figura 6.14).

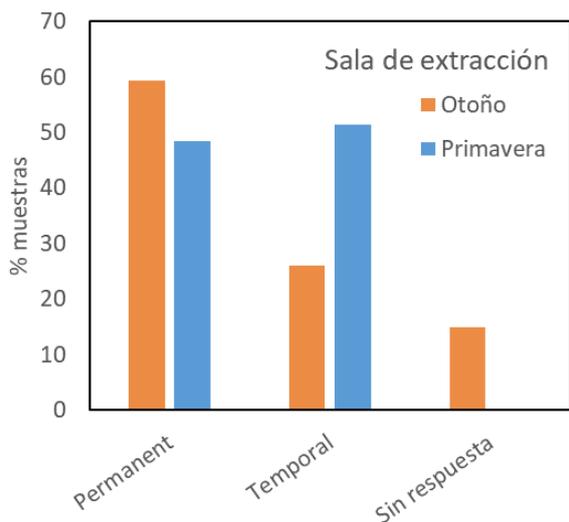


Figura 6.9. Dedicación de la sala de extracción de la miel

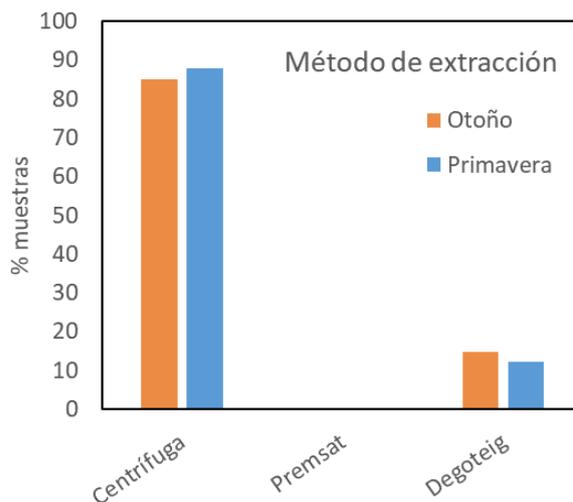


Figura 6.10. Método de extracción de la miel.

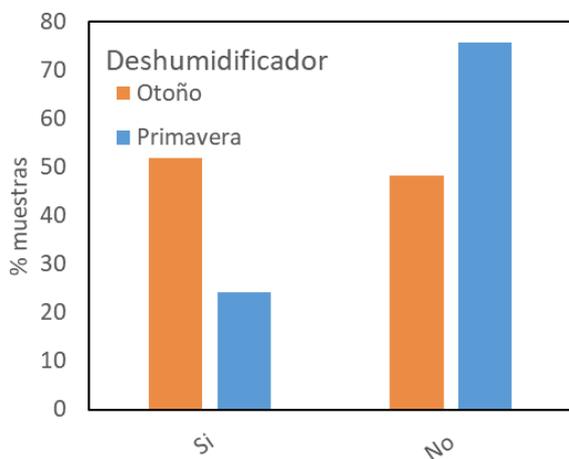


Figura 6.11. Uso de deshumidificador en la obtención de miel de Mallorca.

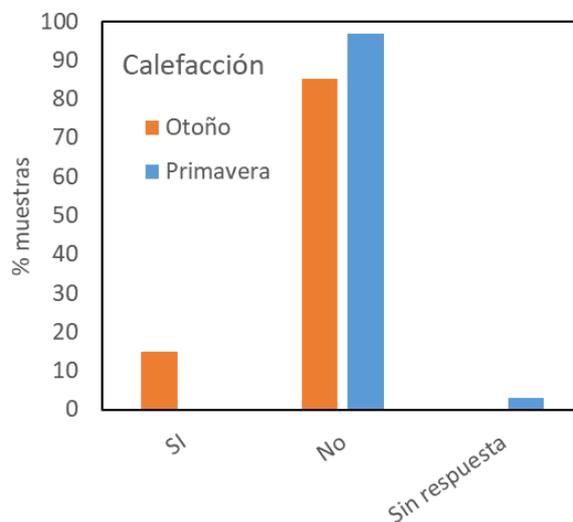


Figura 6.12. Uso de calefacción en la obtención de miel de Mallorca.

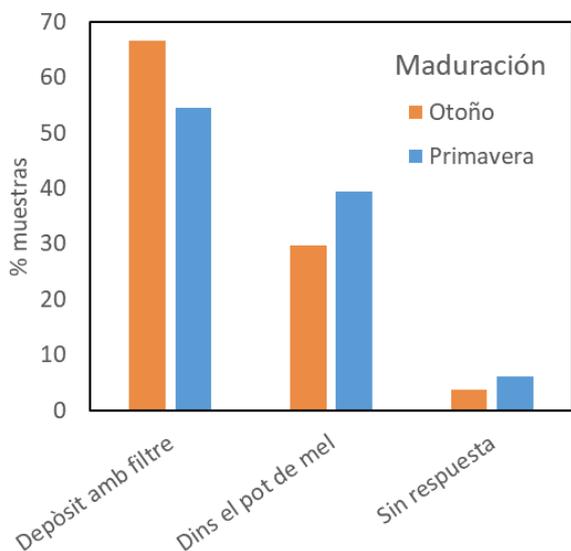
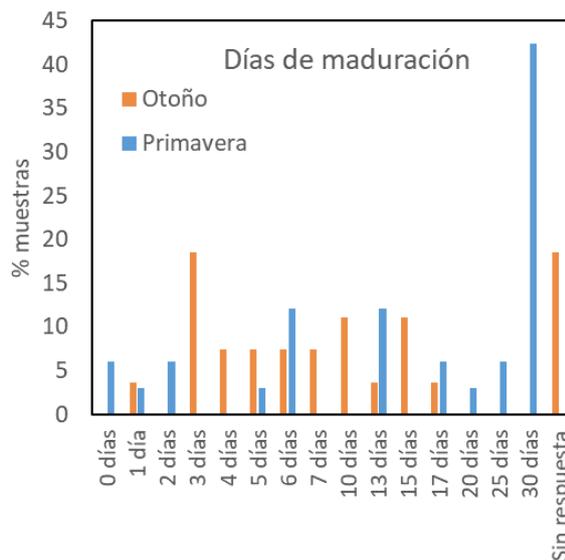


Figura 6.13. Lugar y días de maduración de la miel de Mallorca.



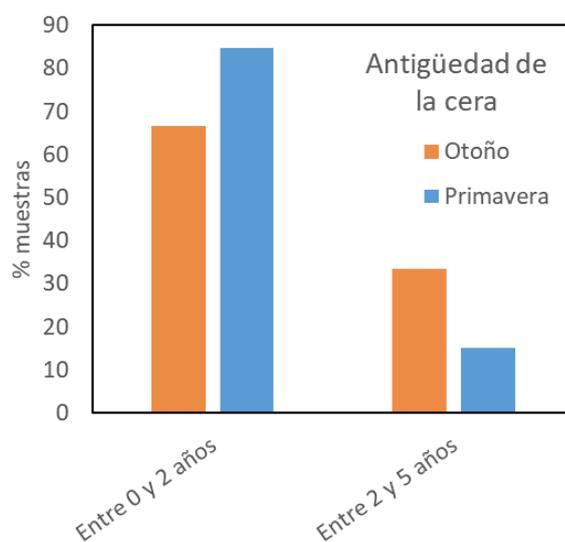


Figura 6.14. Antigüedad de la cera en las alzas o medias alzas.

6.2 Caracterización físico-química de la miel de Mallorca

En las tablas y figuras se ha utilizado la siguiente nomenclatura para designar a las variables físico-químicas (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Nomenclatura utilizada en la presentación de resultados para designar a las variables físico-químicas.

CLAVE	VARIABLE	Unidades*
Hum	Contenido en humedad	% bh
aw	Actividad de agua	
Color	Color	mm Pfund
CondElect	Conductividad eléctrica	mS/cm
AD	Actividad diastásica	escala Schade
HMF	Contenido en hidroximetilfurfural	mg/kg bh
SolInsol	Sólidos insolubles	% bh
Fru	Contenido en fructosa	% bh
Glu	Contenido en glucosa	% bh
Fru+Glu	Contenido en fructosa y glucosa	% bh
Fru/Glu	Ratio entre Fru y Glu	
Sac	Contenido en sacarosa	% bh
pH	pH	
AcLibre	Acidez libre	meq/kg bh
Lactonas	Acidez láctica	meq/kg bh
AcTotal	Acidez total	meq/kg bh

*bh: base húmeda

La Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 muestran los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de las mieles de Mallorca de otoño (Tabla 6.2) y de primavera (Tabla 6.3), en forma de medias y desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia.

La miel es un alimento que contiene unas 200 sustancias (Escuredo, Fernández González, & Seijo, 2012), y se compone principalmente de azúcares, sobre todo fructosa y glucosa, agua y otras sustancias como proteínas (enzimas), ácidos orgánicos, vitaminas (especialmente vitamina B6, tiamina, niacina riboflavina y ácido pantoténico), minerales (incluidos calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio y zinc), pigmentos, compuestos fenólicos, una gran variedad de compuestos volátiles y partículas sólidas derivadas de la recolección de miel (Alqarni, Owayss, Mahmoud, & Hannan, 2014; Ciulu et al., 2011; Pontes, Marques, & Câmara, 2007). El color de la miel puede tener desde un tono casi incoloro a un tono pardo oscuro. Puede tener una consistencia fluida, espesa o cristalizada (en parte o en su totalidad). El sabor y el aroma pueden variar, pero se derivan del origen vegetal (DOUE, 2014). En este documento se indican las características de composición que debe cumplir la miel en el momento de su comercialización como tal o de su utilización en cualquier producto destinado al consumo humano. Estas características se encuentran igualmente recogidas en la Norma para la miel del Codex Alimentarius (Codex Alimentario, 2019). Como puede observarse en las Tabla 6.2 y Tabla 6.3, la mayoría de resultados obtenidos en el presente estudio para las variables físico-químicas están de acuerdo con la mencionada normativa.

El contenido de **humedad** es una de las características más importantes que influyen en las propiedades físicas de la miel (Escuredo, Dobre, Fernández-González, & Seijo, 2014). Una humedad excesiva puede conducir a una fermentación de miel no deseada durante el almacenamiento, causada por la acción de levaduras osmotolerantes que resulta en la formación de alcohol etílico y dióxido de carbono (Saxena, Gautam, & Sharma, 2010). El contenido en humedad de las mieles de Mallorca de otoño fue elevado (media de 19.2 ± 1.6 %, superando en algunos casos el valor máximo permitido por la normativa 20 % excepto para las mieles de brezo que pueden alcanzar valores del 23 %). En cambio, la humedad de las mieles de primavera fue considerablemente inferior a la de las mieles de otoño y al límite de la normativa (17.4 ± 0.7 %). El contenido de humedad está relacionado con diversos factores relacionados con la geografía de la zona de los apiarios, las condiciones ambientales, la época de recolección y madurez (Kahraman, Buyukunal, Vural, & Altunatmaz, 2010), e incluso, la especie de abejas (Ramón-Sierra, Ruiz-Ruiz, & De La Luz Ortiz-Vázquez, 2015). La mayoría de mieles con DOP exigen en sus pliegos contenidos en humedad en la miel inferiores a 18.6 %. Sin embargo, en la bibliografía se encuentran estudios sobre mieles con contenidos en humedad muy superiores, en general provenientes de zonas asiáticas.

La **actividad de agua** media fue baja en ambos casos, otoño (0.66 ± 0.02) y primavera (0.61 ± 0.02) aunque, al igual que con la humedad, fue menor en primavera. La actividad del agua es una medida muy útil para la predicción de la vida útil de los productos alimenticios y es muy relevante para la miel. En la naturaleza, las abejas reducen la actividad hídrica de la miel por hidrólisis de sacarosa y evaporación. Beuchat (1983) afirmó que algunas levaduras pueden crecer con una actividad de agua de 0.62, pero la mayoría de los mohos requieren una actividad de agua mínima de al menos 0.75. La miel normalmente tiene una actividad de agua cercana a 0.60.

Gleiter et al. (Gleiter, Horn, & Isengard, 2006) estudiaron la influencia del tipo y estado de cristalización sobre la actividad del agua de la miel. Al comparar la actividad del agua de muestras de miel líquidas y cristalizadas, observaron que las muestras cristalizadas mostraban una mayor actividad de agua que las mieles líquidas con el mismo contenido de agua. La actividad de agua de la miel depende principalmente del contenido de glucosa. Durante la cristalización, la glucosa comienza a cristalizar primero ya que la fructosa tiene una mayor solubilidad y permanece en solución por más tiempo. Los cinco grupos hidroxilo de la glucosa interactúan con las moléculas de agua. Después de la cristalización, la glucosa se encuentra como glucosa monohidrato, es decir, cada molécula de glucosa fija solo una molécula de agua. Por lo tanto,

se fija menos agua en el estado cristalizado. El contenido de agua libre es mayor, acorde con la mayor actividad del agua.

Tabla 6.2 Características físico-químicas de la miel de Mallorca. Miel de otoño. Medias, desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia ($p < 0.01$)

MIEL DE OTOÑO	Media \pm desv.estándar		Mediana	Intervalo de tolerancia ($p < 0.01$)	
Hum	19.2 \pm	1.6	19.0	[16.4,	22.1]
aw	0.66 \pm	0.02	0.65	[0.62,	0.69]
Color	118 \pm	45	120	[35,	202]
CondElect	1.13 \pm	0.39	1.30	[0.40,	1.85]
AD	31.8 \pm	11.0	32.3	[11.6,	51.9]
HMF	1.0 \pm	2.2	0.0	[0,	5.0]
SolInsol	0.04 \pm	0.02	0.03	[0.00,	0.07]
Fru	39.0 \pm	3.2	39.3	[33.1,	44.8]
Glu	31.8 \pm	3.2	31.6	[25.9,	37.7]
Fru+Glu	70.8 \pm	5.5	69.7	[60.7,	80.8]
Fru/Glu	1.2 \pm	0.1	1.3	[1.0,	1.4]
Sac	0.01 \pm	0.00	0.01	[0.00,	0.01]
pH	4.7 \pm	0.4	4.8	[4.1,	5.4]
AcLibre	19.5 \pm	3.6	19.2	[12.8,	26.2]
Lactonas	1.6 \pm	1.3	1.7	[0,	4.0]
AcTotal	21.1 \pm	3.6	20.4	[14.5,	27.7]

Tabla 6.3. Características físico-químicas de la miel de Mallorca. Miel de primavera. Medias, desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia ($p < 0.01$)

MIEL DE PRIMAVERA	Media \pm desv.estándar		Mediana	Intervalo de tolerancia ($p < 0.01$)	
Hum	17.4 \pm	0.7	17.4	[16.1,	18.7]
aw	0.61 \pm	0.02	0.60	[0.57,	0.64]
Color	81 \pm	30	80	[26,	136]
CondElect	0.54 \pm	0.16	0.49	[0.24,	0.84]
AD	9.6 \pm	3.1	9.0	[3.9,	15.3]
HMF	6.7 \pm	3.9	5.7	[0,	13.9]
SolInsol	0.05 \pm	0.04	0.03	[0,	0.12]
Fru	37.3 \pm	3.3	37.4	[31.3,	43.3]
Glu	32.5 \pm	2.8	31.8	[27.4,	37.5]
Fru+Glu	69.7 \pm	5.8	69.1	[59.2,	80.3]
Fru/Glu	1.1 \pm	0.1	1.2	[1.0,	1.3]
Sac	1.3 \pm	0.8	1.3	[0.0,	2.7]
pH	3.8 \pm	0.2	3.8	[3.4,	4.1]
AcLibre	35.9 \pm	9.5	33.4	[18.6,	53.1]
Lactonas	7.3 \pm	7.4	5.1	[0,	20.8]
AcTotal	43.2 \pm	11.5	42.2	[22.1,	64.2]

El **color** de la miel está determinado principalmente por su origen botánico, si bien también depende del contenido en minerales, la temperatura a la que la miel permanece en la colmena y el tiempo de almacenamiento (Gámbaro, Ares, Giménez, & Pahor, 2007). Es un parámetro importante en la calidad, aceptación y preferencia de los consumidores. La miel de Mallorca de otoño presentó colores variados, desde extra blanco a ámbar oscuro en la escala Pfund que se presentan en la Tabla 6.2 con un valor medio de (118 ± 45 mm Pfund) y un amplio intervalo de tolerancia. Las mieles de primavera presentaron un valor medio de color inferior (81 ± 30 mm Pfund) y dentro de un rango de intervalo de tolerancia menor, desde blanco hasta ámbar oscuro. mostrando que la aceptación generalizada del color de las mieles por parte de los consumidores puede variar ampliamente según su color (Gámbaro et al., 2007) existiendo unas preferencias claras de tonalidad en función de la zona geográfica (Tuberoso et al., 2011).

La **conductividad eléctrica** de la miel está relacionada con el contenido de cenizas (contenido mineral) y la acidez, revelando la presencia de iones, ácidos orgánicos y proteínas (Yücel & Sultanoglu, 2012); cuanto mayor sea su contenido en estos componentes, mayor será la conductividad resultante. Éste es un indicador de uso frecuente en el control de calidad de la miel, que puede utilizarse para distinguir las mieles florales de las mieles de mielada (Karabagias et al., 2014), ya que estas últimas presentan valores más elevados. Como este parámetro está directamente relacionado con el contenido de cenizas, se incluyó recientemente en el Codex Alimentarius, sustituyendo a la determinación de la ceniza en miel.

La media de conductividad eléctrica de las mieles de otoño (1.1 ± 0.4 mS/cm) se situó considerablemente por encima del valor máximo permitido de acuerdo a la normativa de la UE (< 0.8 mS/cm para la mayoría de las mieles). Las mieles de mielada y algunas mieles monoflorales como las de castañas, fresas, mieles de brezo, eucalipto, tilo, manuka, árbol del té o jalea, a menudo presentan valores superiores a 0.8 mS/cm. Dada la elevada conductividad de algunas muestras de otoño, superando el límite establecido por la normativa, se evaluó la posibilidad de que estos resultados estuvieran relacionados con la salinidad del medio por la cercanía al mar. Es por ello que se decidió realizar el análisis de los cloruros mediante el método de Mohr y se comprobó (resultados no incluidos) que no había relación entre la salinidad (contenido en cloruros) y la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica se relaciona también, con el origen botánico y el contenido en minerales, y por ello al ser Mallorca una isla de tierras bastante calcáreas, en futuros estudios sería interesante determinar el contenido de minerales para poder evaluar el efecto del entorno en la composición de la miel y tal vez encontrar la justificación a la alta conductividad de la miel de otoño en Mallorca.

Boi (Boi, Llorens, Cortés, Lladó, & Llorens, 2013), en su trabajo sobre mieles mallorquinas, obtuvieron valores de conductividad eléctrica similares a los obtenidos en el presente estudio. En dicho trabajo menciona que, si bien la alta conductividad se relaciona habitualmente con mieles de melaza de “*Ceratonia Siliqua*”, las muestras que analizaron no contenían cantidades significativas de HDE (típico de mieles de mielatos), siendo el néctar la principal fuente en mieles de otoño. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio que, tal y como se presentará más adelante, según el análisis polínico, se trata de mieles de flores con una baja presencia de HDE.

Por otro lado, las mieles de primavera presentaron conductividades inferiores (0.54 ± 0.16 mS/cm) a las de otoño y también por debajo del límite máximo indicado en la normativa.

Una pequeña fracción de las proteínas presentes en la miel son enzimas, como la invertasa, la α y β -glucosidasa, catalasa, fosfatasa ácida, diastasa y glucosa oxidasa (Sak-Bosnar & Sakač, 2012; Won, Lee, Ko, Kim, & Rhee, 2008). Las diastasas son un grupo de enzimas amilolíticas que incluyen α y β -amilasas. La α -amilasa hidroliza las cadenas de almidón en los enlaces α -D- (1 \rightarrow 4), produciendo dextrina. La β -amilasa hidroliza la cadena de almidón al final, lo que lleva a la formación de maltosa (Sak-Bosnar & Sakač, 2012). Otra enzima presente en la miel es la glucosa oxidasa, que convierte la glucosa en δ -gluconolactona, que se

hidroliza a ácido glucónico. Además de δ -gluconolactona, la glucosa oxidasa también produce peróxido de hidrógeno, que tiene acción bactericida (Moreira, De Maria, Pietrolungo, & Trugo, 2007). Las diastasas (α y β amilasas) son enzimas presentes de forma natural en la miel. El contenido de diastasa depende del origen floral y geográfico de la miel. Su función es digerir la molécula de almidón dando una mezcla de maltosa (disacárido) y maltotriosa (trisacárido). Son sensibles al calor (termolábiles) y, en consecuencia, son capaces de indicar el sobrecalentamiento del producto y el grado de preservación (Ahmed et al., 2013). Similar al 5-HMF, la actividad diastásica se puede utilizar como indicador del envejecimiento y aumento de la temperatura (Yücel & Sultanoglu, 2012).

Por tanto, la **actividad diastásica** se usa generalmente como un indicador de frescura de la miel (Pasias, Kiriakou, & Proestos, 2017). La actividad diastásica en las mieles puede variar dependiendo de la edad de las abejas, el néctar, el período de recolección, el período fisiológico de la colonia, la cantidad de flujo de néctar y su contenido de azúcar. Un alto contenido de néctar conduce a un menor contenido de enzimas y menor consumo de polen (Da Silva, Gauche, Gonzaga, Costa, & Fett, 2016; Khan, Khan, Naik, & Bhat, 2015). La actividad diastásica de la miel de Mallorca de otoño resultó ser elevada (31.8 ± 11.0 en la escala Schade), considerablemente superior al mínimo marcado por la normativa (>8 en la escala Schade). En cambio, las mieles de primavera presentaron valores de AD inferiores y cercanos al límite siendo la media de 9.6 ± 3.1 en la escala Schade.

El contenido en **hidroximetilfurfural** también es un indicador de la frescura de la miel. Está ausente en la miel fresca y tiende a aumentar durante el procesamiento y / o envejecimiento (Da Silva et al., 2016). El sobrecalentamiento de la miel durante el procesamiento o el almacenamiento durante períodos muy prolongados produce una conversión de azúcares en HMF (Saxena et al., 2010). El contenido en hidroximetilfurfural debe ser, de acuerdo a la normativa, inferior a 40 mg/kg. Tanto la miel de Mallorca de otoño (1.0 ± 2.2 mg/kg) como la de primavera (6.7 ± 3.9 mg/kg), presentaron valores bajos de HMF, si bien fueron más altos en éstas últimas.

Los **sólidos insolubles** en agua de la miel incluyen cera, polen, restos de panales, abejas y partículas de suciedad. Por tanto, la materia insoluble es una estimación de la presencia de impurezas en el producto (%) e indica la pureza de la miel según lo descrito por la comisión internacional de la miel (Bogdanov, 2009). El contenido en sólidos insolubles fue muy bajo en las muestras de otoño (0.04 ± 0.02 %) y alejado del valor máximo permitido por la normativa (<0.1 %), lo que sugiere buenas técnicas de recolección (Gela, Hora, Kebebe, & Gebresilassie, 2021). Sin embargo, se obtuvieron valores más elevados en las muestras de miel de primavera (0.05 ± 0.04 %), incluso en algunos casos, superando el valor máximo permitido.

Los azúcares presentes en la miel, fundamentalmente **fructosa** y **glucosa** (Solayman et al., 2016), son los responsables de propiedades tales como el valor energético, la viscosidad, la higroscopicidad y la granulación (Kamal y Klein, 2011). La composición del azúcar depende principalmente de la naturaleza y del origen botánico y geográfico de la miel y se ve afectado por el clima, el procesado y el almacenamiento (Escuredo et al., 2014; Tornuk et al., 2013). En casi todos los tipos de miel, la fructosa (40%) y glucosa (30%) son los carbohidratos que se encuentran, aunque estas proporciones pueden variar dependiendo del tiempo de almacenamiento y de la temperatura entre otros factores. Además, en algunas mieles la fracción de glucosa puede ser mayor que la de fructosa y, en consecuencia, generalmente, tienen una cristalización rápida (Escuredo et al., 2014). De acuerdo con algunos autores, la relación fructosa/glucosa puede determinar el tiempo necesario para que la miel cristalice (Escuredo et al., 2014), siendo superior cuanto menor es este factor. Tanto las mieles de Mallorca de otoño como las de primavera analizadas en el presente estudio, presentaron valores similares en los contenidos en fructosa y glucosa (39.0 ± 3.2 % de fructosa y 31.8 ± 3.2 % de glucosa en las de otoño; y 37.3 ± 3.3 % de fructosa y 32.5 ± 2.8 % de glucosa en las de primavera), estando en ambos casos, la suma próxima al 70 % (70.8 ± 5.5 % en las de otoño y 69.7 ± 5.8 % en las de primavera). De acuerdo con la normativa, la suma de fructosa y glucosa debe ser de como mínimo,

un 60 %. El contenido en sacarosa fue inferior al máximo indicado en la normativa (5 %) en ambos grupos, mieles de otoño y de primavera, siendo el valor medio ligeramente superior en las de primavera (1.3 ± 0.8 %), y prácticamente cero en las de otoño.

La acidez libre es un parámetro importante relacionado con el deterioro de miel. Se caracteriza por la presencia de ácidos orgánicos en equilibrio con lactona, ésteres internos y algunos iones inorgánicos como fosfatos, sulfatos y cloruros (Moreira et al., 2007). Valores elevados de este parámetro pueden ser indicativos de la fermentación de azúcares en ácidos orgánicos (Karabagias et al., 2014). Sin embargo, diversos factores como el origen geográfico, el momento de la recogida, los contenidos en minerales y en ácido glucónico, así como la presencia de diferentes ácidos orgánicos pueden afectar a la acidez de las mieles (Codex Alimentario, 2019; Tornuk et al., 2013). Además, el índice de acidez de la miel varía también según la especie de abeja y la composición floral (de Sousa et al., 2016; Ramón-Sierra et al., 2015). En Portugal, por ejemplo, se estudiaron mieles monoflorales de diferente región geográfica y origen botánico, obteniendo en algunos casos, valores superiores al límite establecido por la norma (Alves, Ramos, Gonçalves, Bernardo, & Mendes, 2013). El **pH** medio de las muestras de otoño fue de 4.7 ± 0.4 . Por otro lado, la **acidez libre**, el contenido en **lactonas**, y la **acidez total**, fueron bajos en las muestras de otoño, con una acidez libre (19.5 ± 3.6 meq/kg) muy por debajo del valor máximo permitido por la normativa (50 meq/kg). En cuanto a las mieles de Mallorca de primavera, éstas presentaron un pH medio casi un punto por debajo (3.8 ± 0.2) del de las de otoño, indicando que se trata de una miel más ácida. Igualmente, la acidez libre, el contenido en lactonas, y la acidez total, fueron más elevados en las muestras de primavera, con una acidez libre media de 35.9 ± 9.5 meq/kg, inferior también al valor máximo permitido por la normativa (50 meq/kg).

6.2.1 Comparación con las características físico-químicas de mieles DOP e IGP

En las Tabla 6.4, Tabla 6.5 y Tabla 6.6 se comparan las medias obtenidas en los parámetros físico-químicos de la miel de Mallorca de otoño y de primavera, con los valores máximos o mínimos permitidos de acuerdo a la norma de la miel (DOUE y con el Codex Alimentarius), y con los valores para dichos parámetros incluidos en los pliegos de condiciones de mieles con DOP y con IGP.

Como puede observarse en las Tabla 6.4, Tabla 6.5 y Tabla 6.6, aunque el valor de humedad permitido por la norma de la miel es de un 20 % como máximo (excepto en la miel de brezo (*Calluna*) que puede alcanzar hasta el 23 %), en las mieles con DOP se exigen niveles inferiores, entre 17 y 19 %, que coinciden con el valor medio de la miel de Mallorca de primavera, pero son menores a los de la de otoño. Como excepción encontramos las mieles de brezo o brecina de Wrzosowy z Borów Dolnośląskich (hasta un 22 % en miel de brezo), de Drahimski (hasta 21 % en miel de brezo) y Cévennes (hasta un 21 % en miel de brecina) (Tabla 6.6). De forma similar, la marca Esmel también exige un contenido en humedad máximo del 18.5 %.

En cuanto al contenido global de fructosa más glucosa (%), si bien la normativa permite hasta un mínimo del 60 % en mieles de flores (hasta un mínimo del 45 % en miel de mielada y mezclas con miel de mielada), son varias las DOPs que exigen porcentajes más elevados (Campoo de los Valles, Villuercas-Ibores, Liébana y Drahimski) y mieles de Kraški (miel de mielada), Združenje Kočevski (varios tipos) y Dolomiti Bellunesi (en la miel de Tarassaco (Dandelion) que permiten valores inferiores. En el caso de la miel de Mallorca, este límite se cumple sobradamente, obteniéndose unos valores medios cercanos al 70 % tanto en la miel de primavera como en la de otoño.

Para el contenido en sacarosa, la norma permite hasta un 5 %, al igual que la mayoría de DOPs, si bien algunas exigen valores inferiores. Como excepción, las mieles de Kraški (miel de mielada) y de Dolomiti Bellunesi (en la miel de acacia) admiten valores de hasta el 10%. Los contenidos en sacarosa de la miel de Mallorca resultaron ser considerablemente inferiores al límite máximo de la norma.

La norma de la miel permite un contenido en sólidos insolubles inferior al 0.1 %, límite que coincide o no está incluido en los pliegos en el caso de las mieles con DOP e IGP. La miel de Mallorca presentó valores medios por debajo del citado límite.

La conductividad eléctrica de las mieles debe ser inferior a 0.8 mS/cm de acuerdo a la normativa, excepto en algunas mieles para las que no se cita límite, que son la miel de madroño (*Arbutus unedo*), de argaña (*Erica*), de eucalipto, de tilo (*Tilia spp*), de brezo (*Calluna vulgaris*), de *Leptospermum* y de árbol del té (*Melaleuca spp.*). Las diversas DOPs proponen valores de acuerdo a las características de sus mieles, siempre cumpliendo con la normativa de la miel, en ocasiones siendo más restrictivas que la norma, y en otras, permitiendo valores más elevados cuando se trata de mieles contempladas en las excepciones, como la de brezo o la de mielada. En el caso de las mieles de Mallorca, la conductividad eléctrica media de las muestras de primavera fue de 0.54 ± 0.16 mS/cm, cumpliendo con la norma, mientras que las de otoño, presentaron valores considerablemente más elevados (1.13 ± 0.39 mS/cm), posiblemente debido a la presencia de polen de brezo y/o de algarrobo, si bien éste último no está contemplado como excepción en la norma.

Tabla 6.4. Comparación entre las características físico-químicas de la miel de Mallorca de otoño y de primavera, los valores establecidos en la normativa de la miel y en mieles españolas con DOP

Parámetro	Miel de Mallorca de otoño	Miel de Mallorca de primavera	CODEX / DOUE 2001L0110 23.06.2014	Mieles españolas con DOP					
				Campoo de los Valles	Villuercas-lbores	Liébana	La Alcarria	Tenerife	Granada
Humedad (%)	19.2±1.6	17.4±0.7	< 20 (excepto en la miel de brezo (Calluna) <23)	≤ 18.6	14-17	≤ 18.6	≤ 17.5	≤ 18	< 17.5
Fru+Glu (%)	70.8±5.5	69.7±5.8	> 60 excepto miel de mielada y mezclas de miel de mielada con miel de flores (>45)	Brezo: 66 -86 Mielada 55 - 73	> 60 excepto en mielada (> 45)	Brezo: ≥67; Mielada 60-66	-	> 60	
Sacarosa (%)	0.01±0.00	1.3±0.8	< 5 excepto falsa acacia, alfalfa, Banksia de Menzies, Sulla, Eucalipto rojo, Eucryphia lucida, Eucryphia milliganii, Citrus spp. (< 10) y espliego, borraja (< 15)	< 5	< 5	< 5	-	< 4	
Sólidos insolubles (%)	0.04±0.02	0.05±0.04	< 0.1 % excepto en miel prensada (< 0.5 %)	< 0.1 %	-	< 0.1 %	-	-	
Conductividad eléctrica (mS/cm)	1.13±0.39	0.54±0.16	< 0.8 excepto mieles de madroño (Arbutus unedo), argaña (Erica), eucalipto, tilo (Tilia spp), brezo (Calluna vulgaris), (Leptospermum), árbol del té (Melaleuca spp.)	Brezo: 0.630 - 1.280; Mielada 0.800 -1.430	> 0.8 en miel de castaño y de mielada; < 0.8 en miel de retama y milflores	Brezo: 0.845 - 1.280; Mielada 0.970 -1.430	≤ 0.62	Retama del Teide 0.150-0.500; Tajinaste 0.140-0.400; Multifloral 0.150-0-800	Castaño >8 Romero < 2.5 Tomillo > 3 y <8 Aguacate > 8 Azahar < 3 Cantueso < 5
Ácidos libres (meq/kg)	19.5±3.6	35.9±9.5	≤ 50	< 50	-	< 50	< 35	≤ 50	
Actividad diastásica (escala de Schade)	31.8±11.0	9.6±3.1	> 8 excepto en mieles con un contenido bajo de enzimas naturales (p.e., mieles de cítricos) y un contenido de HMF no superior a 15 mg/kg	9-30	> 30	25-55	-	≥ 12	
HMF (mg/kg)	1.0±2.2	6.7±3.9	<40 excepto en mieles tropicales (<80)	< 20	< 10	< 20	< 15	≤ 20	< 10

Tabla 6.5. Características de las mieles NO españolas con DOP. De las 20 DOPs europeas (no españolas), se muestran las concedidas durante los últimos 20 años a excepción de Miód spadziowy z Beskidu Wyspowego ya que no contempla los parámetros comparados en la tabla.

Parámetro	Mieles con DOP						
	Slavonski	Varesino	Kraški	Sejneńszczyzny/Łoździejszczyzny/«Seinų/Lazdijų krašto medus	Združenje Kočevski	Dolomiti Bellunesi	Lunigiana
Humedad (%)	≤ 18.3	≤ 17.50	≤ 18	< 18	≤ 18.6	Millefiore 15-18 Acacia 15-18 Tiglio 16.5-17.8 Castagno 16.5-18 Rododendro 16-17.7 Tarassaco 17-18	< 18
Fru+Glu (%)	-	-	> 45	≥ 60	> 45	Millefiore 69-78 Acacia 61-77 Tiglio 67-70 Castagno 61-74 Rododendro 65-72 Tarassaco 37.5-38.5	-
Sacarosa (%)	Robina ≤ 9; Tilo, Colza, Girasol, Castaño, Flores, Mielada de roble de Hungría ≤ 4	-	-	≤ 5	-	Millefiore 0-3.8 Acacia 0-10 Tiglio 0.8-4.6 Castagno 0-2.4 Rododendro 0.1-0.7 Tarassaco 0.1-0.4	-
Sólidos insolubles (%)	-	-	-	-	-	-	-
Conductividad eléctrica (mS/cm)	Robina ≤ 0.2 Tilo ≥ 0.5 Colza ≤ 0.3 Girasol ≤ 0.6 Castaño ≤ 0.8 Flores ≤ 0.8 Mielada de roble de Hungría ≤ 0.8	-	-	≥ 0.8	-	-	-
Ácidos libres (meq/kg)	< 50	-	-	≤ 50	-	-	-
Actividad diastásica (escala de Schade)	>8	-	-	>8	-	-	-
HMF (mg/kg)	≤ 16.5	<15	≤ 15	≤ 2	≤ 10	<15	<10

Tabla 6.6. Características de las mieles con IGP, excepto la Miel d'Alsace y la Miel de Provence ya que no contemplan los parámetros comparados en la tabla.

Parámetro	Mieles con IGP				
	Galicia	Wrzosowy z Borów Dolnośląskich	Kurpiowski	Drahimski	Cévennes
Humedad (%)	≤ 18,5	< 22	< 18.5	Alforfón < 18 Brezo < 21 Colza < 18 Tilo < 18 Poliflora < 18	≤ 19 Miel de brecina ≤ 21
Fru+Glu (%)	-	> 60	> 60	> 67	-
Sacarosa (%)	-	<4	< 5	< 4	-
Sólidos insolubles (%)	-	< 0.1	< 0.1	-	-
Conductividad eléctrica (mS/cm)	-	-	> 0.8	-	-
Ácidos libres (meq/kg)	-	-	< 50	> 25	-
Actividad diastásica (escala de Schade)	< 9	> 8	> 8	-	-
HMF (mg/kg)	< 4 (HMF <10)	> 40	< 10	< 25	≤ 15

En cuanto al contenido en ácidos libres, tanto la norma como la mayoría de DOPs marcan el mismo límite máximo de 50 meq/kg, excepto la miel de la Alcarria DOP que permite solo hasta 35 meq/kg. En el caso de las mieles de Mallorca, los valores medios cumplen esta normativa, presentando la miel de otoño valores especialmente bajos.

Según la normativa, la actividad diastásica debe ser superior a 8 en la escala Schade, aunque diversas DOPs exigen en sus pliegos actividades superiores. En el caso de la miel de Mallorca, la AD media de la miel de otoño resultó ser considerablemente superior, mientras que la de primavera se situó cerca del límite.

Finalmente, el contenido en hidroximetilfurfural de la miel debe ser inferior a 40 mg/kg excepto en mieles tropicales. Dado que este parámetro está íntimamente relacionado con la calidad y la frescura de la miel, la diferentes DOPs e IGP exigen en sus pliegos valores inferiores para las mieles amparadas, comprendidos entre 10 y 25 mg/kg. Tanto la miel de Mallorca de otoño como la de primavera, presentaron valores bajos de contenido en HMF, especialmente la primera.

En conclusión, los valores medios obtenidos para las variables físico-químicas reguladas por la normativa europea de la miel de Mallorca están dentro de los límites establecidos por la misma, con excepción de la conductividad eléctrica de las mieles de otoño, que resulta excesivamente elevada, así como su contenido en humedad, cercano al límite y superior a los máximos propuestos por otras DOPs para las mieles amparadas.

6.2.2 Estudio de las características físico-químicas de la miel de Mallorca por localización

Para visualizar mejor los resultados y evaluar si existen diferencias significativas entre las mieles originarias de apiarios de diferentes localizaciones dentro de la isla de Mallorca, los resultados se han representado en diagramas de caja, agrupando las muestras por localización de acuerdo a las zonas establecidas previamente por la comisión de seguimiento del proyecto: Llevant (LI), Mitjorn (Mj), Pla de Mallorca (PM), Pla de Palma (PP), Raiguer (R), Tramuntana Nord (TN) y Tramuntana Sud (TS). Desde la Figura 6.15 a la Figura 6.46 se muestran los boxplots correspondientes a cada variable físico-química analizada en las muestras de miel de Mallorca de otoño (a la izquierda) y de primavera (a la derecha) de acuerdo a las diferentes localizaciones de los apiarios. En estas representaciones, la línea negra horizontal continua dentro de cada caja representa la mediana del grupo y el punto negro la media; la línea negra discontinua horizontal que atraviesa la figura representa la media para todo el conjunto de muestras de esa temporada (otoño o primavera) y cuando se incluye una línea discontinua roja, ésta muestra el valor límite (superior o inferior) indicado por la normativa para la miel (Diario Oficial de la Unión Europea L164 de 3/6/2014). Además, se incluye el valor de p resultante del ANOVA que indica la existencia o no de diferencias significativas entre las mieles de acuerdo a la localización para cada temporada con un $[(1-p) \times 100]$ % de probabilidad y el nivel de significación de esas diferencias mediante asteriscos (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$; ****: $p < 0.0001$; se omite cuando el resultado es no significativo) calculado mediante un test de comparaciones múltiples, para evaluar las diferencias entre las distintas localizaciones.

Con respecto al contenido en humedad de la miel de Mallorca, se observa en la Figura 6.15 y la Figura 6.16, que, de acuerdo al ANOVA, no hubo diferencias significativas entre las mieles según la zona del apiario ni entre las muestras de otoño ni entre las de primavera.

La actividad de agua de las mieles (Figura 6.17 (otoño) y Figura 6.18 (primavera)) fue muy similar en cada temporada, siendo significativamente inferior la a_w de la zona del Pla de Palma en las mieles de otoño y no

se detectaron diferencias significativas en la aw de las mieles de primavera respecto a la localización de los apiarios.

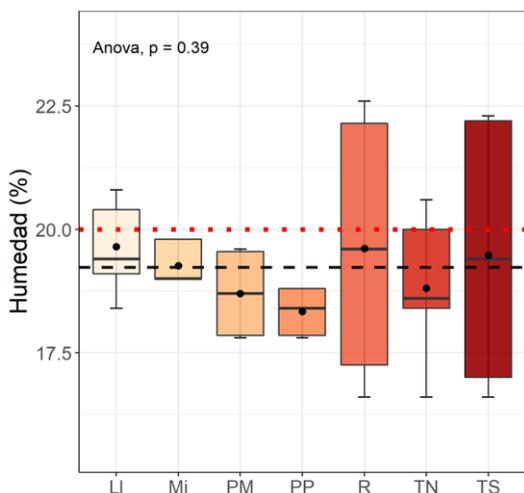


Figura 6.15. Contenido en humedad (% bh). Miel de Mallorca de otoño

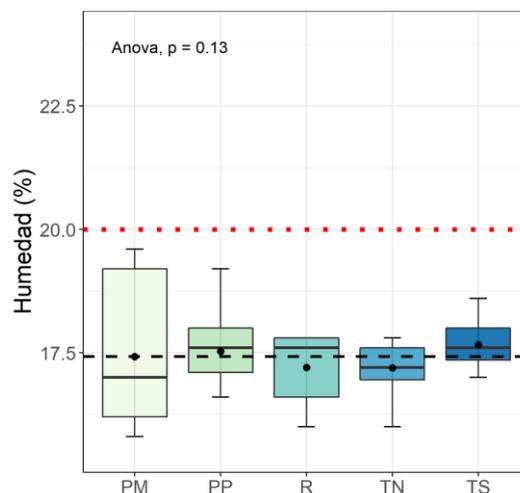


Figura 6.16. Contenido en humedad (% bh). Miel de Mallorca de primavera

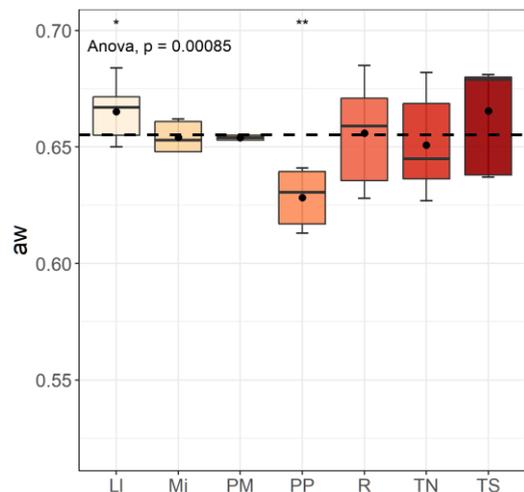


Figura 6.17. Actividad de agua. Miel de Mallorca de otoño

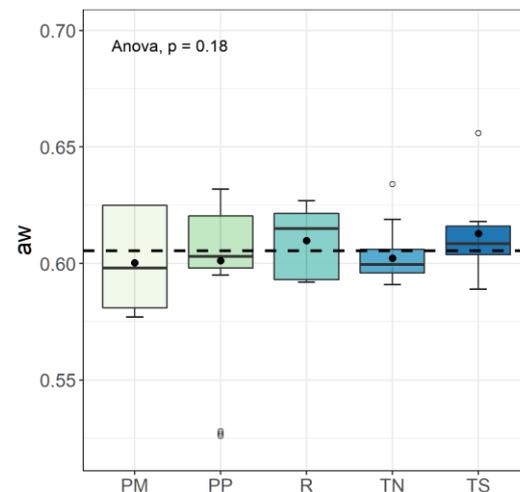


Figura 6.18. Actividad de agua. Miel de Mallorca de primavera

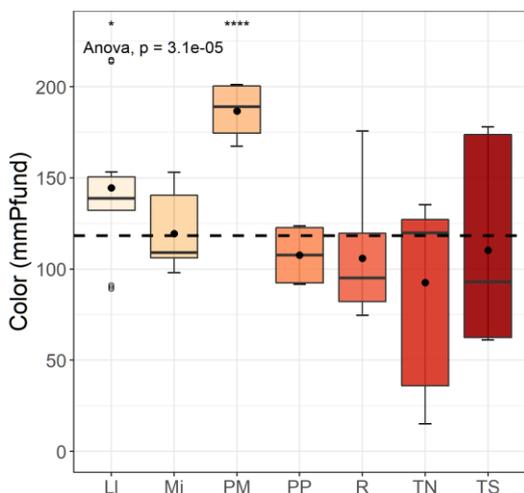


Figura 6.19. Color (mm Pfund). Miel de Mallorca de otoño

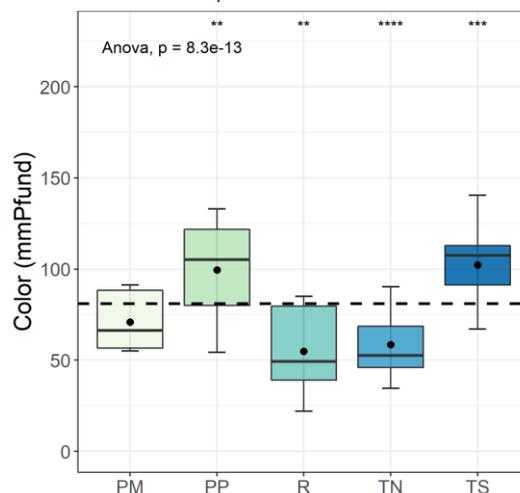


Figura 6.20. Color (mm Pfund). Miel de Mallorca de primavera

Respecto al color de la miel de Mallorca (Figura 6.19 y Figura 6.20), se observan diferencias respecto a la zona de localización de los apiarios, obteniéndose valores significativamente más elevados (mieles más oscuras) en el caso de las muestras de otoño en la zona del Pla de Mallorca, llegando a valores de hasta 200 mm Pfund. También las muestras de otoño de la zona de Llevant fueron más oscuras que el resto, aunque con valores no tan elevados y menor nivel de significación. En cuanto a las muestras de Tramuntana Nord y Tramuntana Sud, se observa una elevada dispersión, con valores que van desde los 15 mm Pfund hasta los 178 mm Pfund. En general, las muestras de miel de Mallorca de primavera presentaron colores más claros, siendo las de las zonas de Pla de Palma y Tramuntana Sud, las más oscuras, y las de Raiguer y Tramuntana Nord, las más claras.

Como puede observarse en la Figura 6.21, hubo una elevada dispersión en los resultados obtenidos para la conductividad eléctrica de las muestras de otoño de las zonas de Llevant, Tramuntana Nord y Tramuntana Sud, con valores superiores al máximo permitido por la normativa (0.8 mS/cm) en todos los grupos de mieles de las distintas zonas de Mallorca. Los valores medios de conductividad eléctrica más elevados se obtuvieron en las muestras de las zonas de Migjorn, Pla de Mallorca, Pla de Palma y Raiguer. Las muestras de Tramuntana Nord y Tramuntana Sud presentaron valores medios de conductividad por debajo o cercanos al límite máximo establecido por la normativa. En cuanto a las mieles de primavera (Figura 6.22), las conductividades eléctricas de las muestras de Tramuntana Nord y Raiguer fueron significativamente menores, y la de las de Tramuntana Sud, significativamente más elevada.

Las actividad diastásica de las muestras de miel de Mallorca de otoño (Figura 6.23) fue, en prácticamente todos los casos, considerablemente superior al mínimo establecido por la norma, observándose una AD significativamente menor ($p < 0.0001$) en las muestras de PM y TN, y significativamente superior en las de R ($p < 0.05$) y TS ($p < 0.01$). No se observaron diferencias significativas en la AD entre las muestras de miel de primavera de acuerdo a las diferentes localizaciones de los apiarios, si bien, puede observarse en la Figura 6.24 que la AD de estas muestras fue, en algunos casos, inferior al mínimo establecido por la norma de la miel. Cabe mencionar que la citada normativa permite valores de hasta 3 mg/kg como mínimo en mieles con un contenido bajo de enzimas naturales (por ejemplo, mieles de cítricos) y con un contenido de HMF no superior a 15 mg/kg. Todas las mieles de Mallorca de primavera con valores de AD inferiores a 8 mg/kg pero superiores a 3 mg/kg presentaron valores de contenido en HMF inferiores a 15 mg/kg (Figura 6.26), por lo que cumplirían con la normativa, ya que al ser de primavera contendrán probablemente un cierto contenido en polen de azahar, lo que provoca un bajo contenido en enzimas naturales.

El contenido en hidroximetilfurfural de las muestras de miel de Mallorca fue bajo en todos los casos, muy por debajo del límite máximo establecido por la norma, especialmente en las muestras de otoño, en las que fue prácticamente nulo excepto en las de las zonas de LI y TN. Las muestras de primavera de TS presentaron valores significativamente superiores ($p < 0.0001$) al resto de esa temporada, y las de PM, R y TN, significativamente inferiores. Estos resultados avalan la calidad y la frescura de la miel de Mallorca.

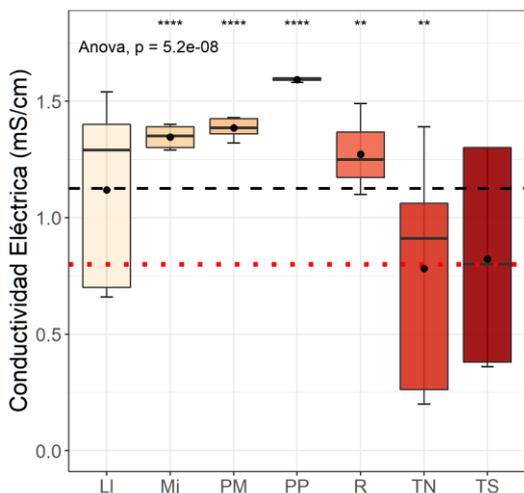


Figura 6.21. Conductividad eléctrica (mS/cm). Miel de Mallorca de otoño

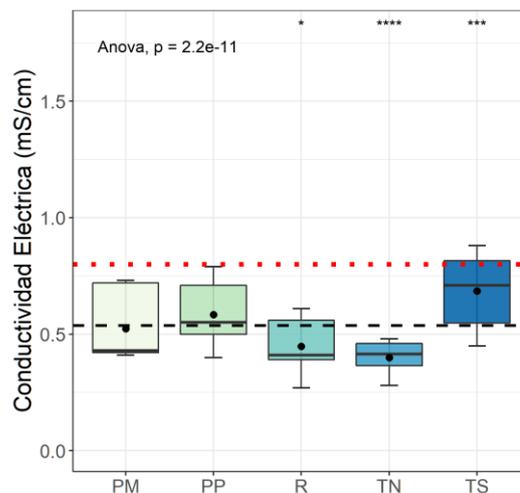


Figura 6.22. Conductividad eléctrica (mS/cm). Miel de Mallorca de primavera

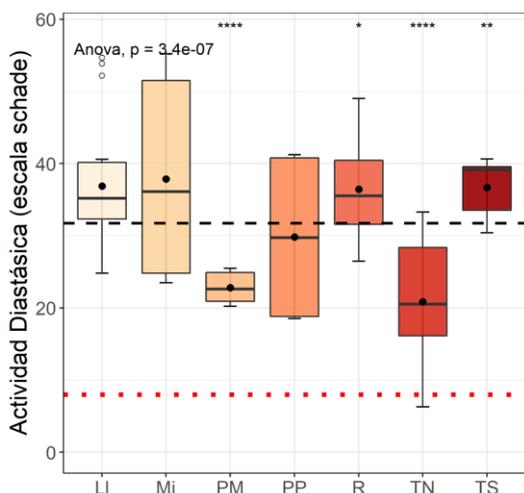


Figura 6.23. Actividad diastásica (escala Schade). Miel de Mallorca de otoño

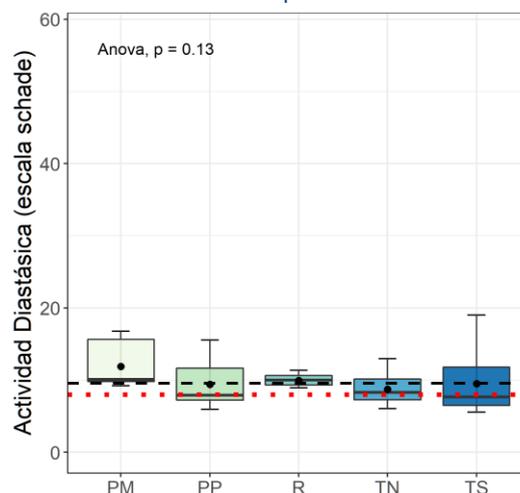


Figura 6.24. Actividad diastásica (escala Schade). Miel de Mallorca de primavera

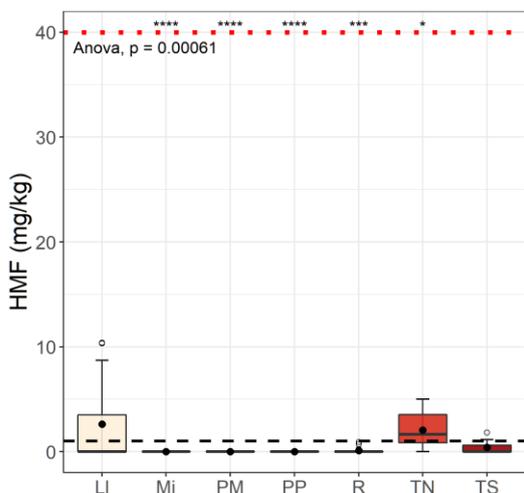


Figura 6.25. Contenido en hidroximetilfurfural (mg/kg). Miel de Mallorca de otoño

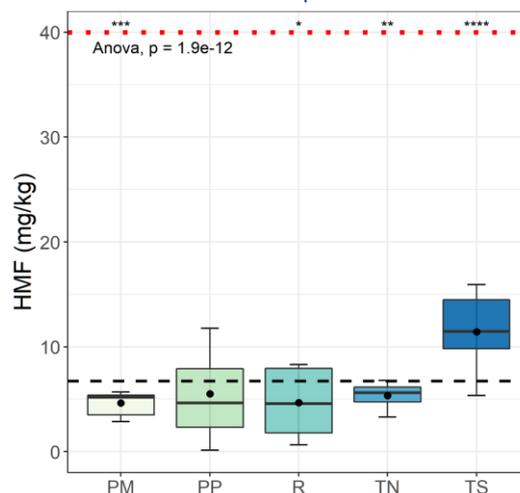


Figura 6.26. Contenido en hidroximetilfurfural (mg/kg). Miel de Mallorca de primavera

El contenido en sólidos insolubles fue bajo en todas las muestras de otoño, especialmente en las de PM y TN, y algo más elevado en las de Mj y R. En cualquier caso, en todas las zonas los valores obtenidos estuvieron por debajo del máximo permitido por la normativa. Sin embargo, en las localizaciones de PM, R y TN las mieles de Mallorca de primavera se analizaron muestras con valores demasiado elevados del contenido en sólidos insolubles, lo que aconsejaría a los elaboradores de estas mieles extremar en el futuro las precauciones durante el proceso de elaboración.

Se han observado diferencias significativas en el contenido en fructosa en las mieles de Mallorca de otoño (Figura 6.29), siendo significativamente superior en las muestras de Mj ($p < 0.0001$) y PP ($p < 0.001$) y ligeramente inferior en las de TN ($p < 0.05$). En las mieles de primavera (Figura 6.30), las diferencias fueron menores ya que únicamente la miel de la zona de TS presentó un contenido en fructosa ligeramente superior al resto ($p < 0.05$).

En cuanto al contenido en glucosa de las muestras de otoño (Figura 6.31), de nuevo se observan diferencias significativas entre las muestras de las diferentes zonas, siendo significativamente superior en la zona de LI ($p < 0.0001$) e inferior en las zonas de PP ($p < 0.05$) y R ($p < 0.0001$). En el caso de las muestras de primavera (Figura 6.32), no se detectaron diferencias significativas entre muestras.

En cualquier caso, la norma de la miel no establece límites para los contenidos en fructosa y glucosa, pero sí para la suma de ambos, debiendo superar el 60 %. Este límite se cumple en todas las muestras de otoño (Figura 6.33), mostrando valores en todas las zonas por encima del 60 %, siendo ligeramente superiores al 70 % como media, y con valores significativamente superiores en las muestras de LI ($p < 0.01$) y Mj ($p < 0.001$), e inferior en las de PM ($p < 0.0001$) y R ($p < 0.001$). Las mieles de Mallorca de primavera (Figura 6.34) presentaron también un valor medio cercano al 70 %, presentando algunas desviaciones cercanas al 60 %. Solo las muestras de R presentaron un contenido en fructosa + glucosa ligeramente inferior ($p < 0.05$) al resto de muestras de primavera.

Se ha incluido también la representación de la relación entre los contenidos en fructosa y glucosa (Figura 6.35 para las mieles de otoño y Figura 6.36 para las de primavera), ya que, tal y como se comentó anteriormente algunos autores relacionan con la tendencia de la miel a cristalizar (un contenido en glucosa más elevado, en relación al contenido en fructosa, favorecería la cristalización). En las muestras de miel de Mallorca de otoño, esta relación varió significativamente de acuerdo a la localización de los apiarios, resultando significativamente inferior en las mieles de LI ($p < 0.0001$) y TN ($p < 0.01$), que tendrían por tanto más tendencia a cristalizar, y superior en las de las zonas de Mj ($p < 0.001$), PP ($p < 0.001$) y R ($p < 0.0001$), con menor tendencia a la cristalización. En el caso de la miel de primavera no se observaron diferencias significativas entre muestras.

Todas las muestras de otoño presentaron contenidos muy bajos de sacarosa (Figura 6.37). En cambio, en las muestras de primavera, el contenido en sacarosa fue superior, especialmente en las muestras de las zonas de R y TN ($p < 0.05$). En cualquier caso, el contenido en sacarosa fue siempre inferior al 5 %, límite máximo establecido por la norma de la miel.

Comparando las localizaciones de los apiarios en las muestras de otoño, se observaron pHs significativamente superiores en las mieles de otoño de Mj y PP ($p < 0.05$), y R ($p < 0.01$), e inferiores en las de PM ($p < 0.01$) y TN ($p < 0.05$) (Figura 6.39). Las muestras de primavera de PP ($p < 0.05$) también presentaron valores de pH significativamente superiores y las zonas TN ($p < 0.01$) y R ($p < 0.01$) más bajos (Figura 6.40).

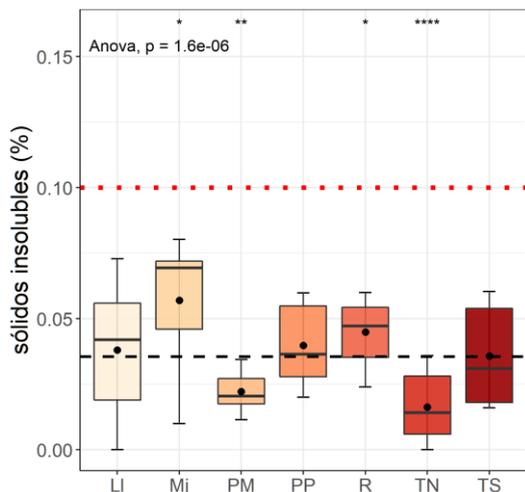


Figura 6.27. Sólidos insolubles (%). Miel de Mallorca de otoño

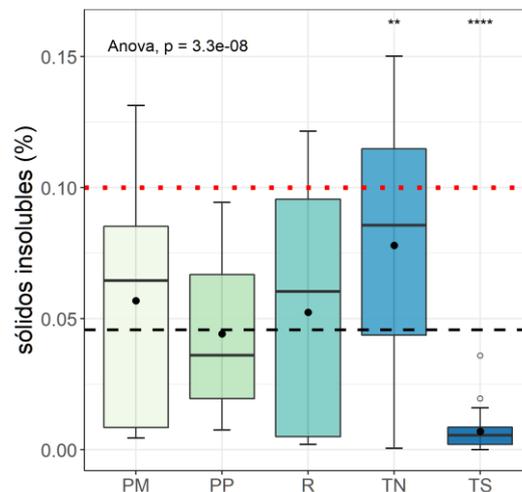


Figura 6.28. Sólidos insolubles (%). Miel de Mallorca de primavera

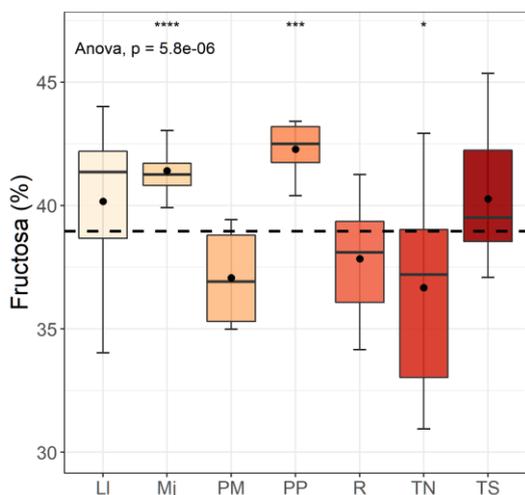


Figura 6.29. Contenido en fructosa (%). Miel de Mallorca de otoño

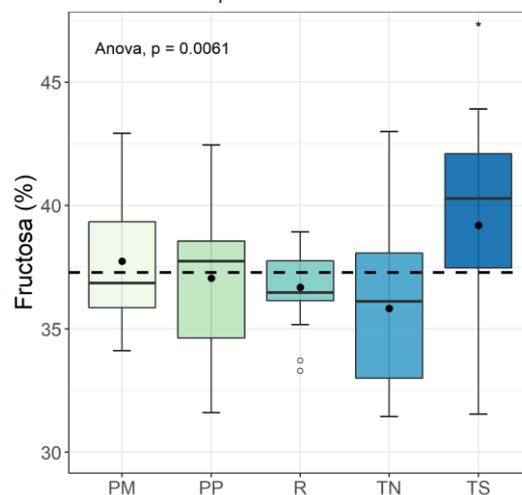


Figura 6.30. Contenido en fructosa (%). Miel de Mallorca de primavera

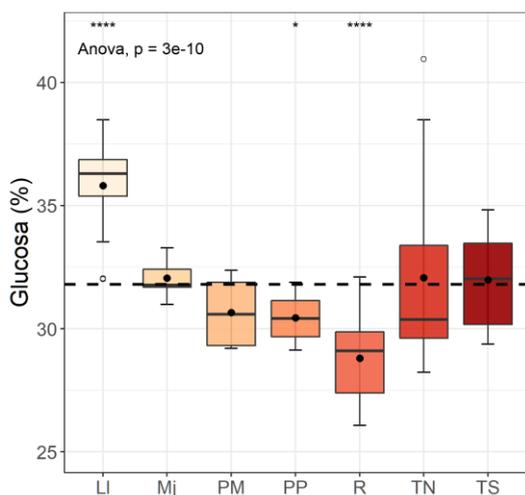


Figura 6.31. Contenido en glucosa (%). Miel de Mallorca de otoño

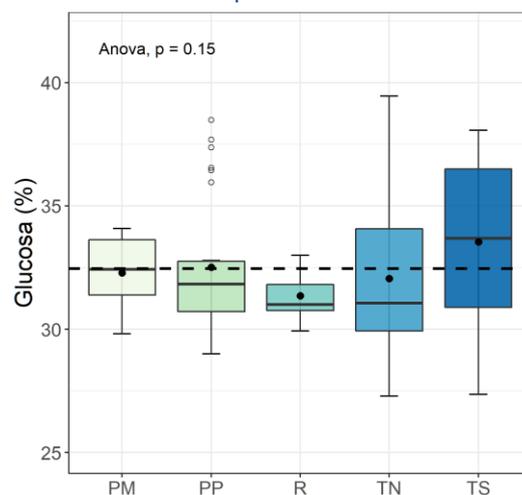


Figura 6.32. Contenido en glucosa (%). Miel de Mallorca de primavera

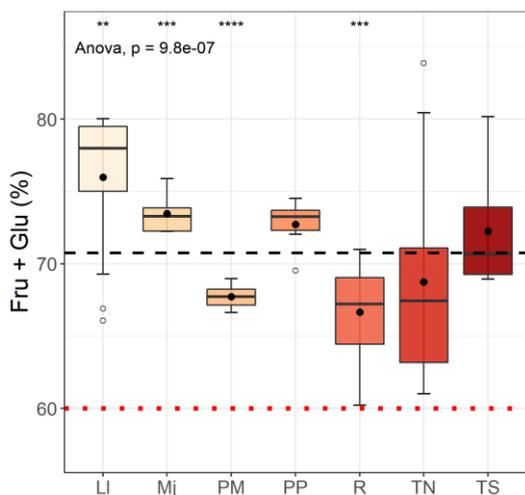


Figura 6.33. Contenido en fructosa + glucosa (%). Miel de Mallorca de otoño

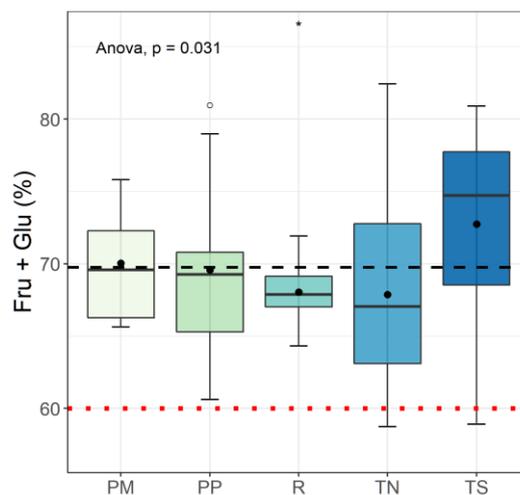


Figura 6.34. Contenido en fructosa + glucosa (%). Miel de Mallorca de primavera

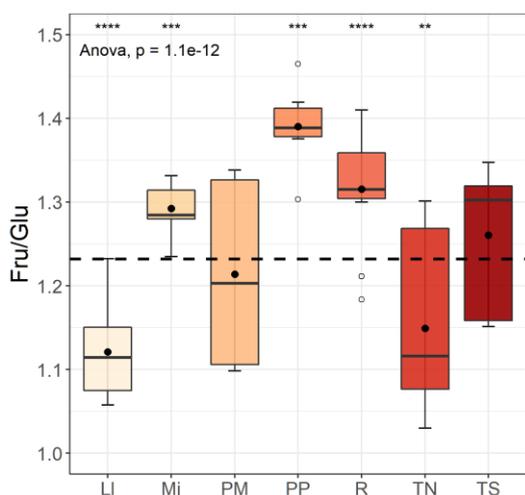


Figura 6.35. Ratio fructosa/glucosa. Miel de Mallorca de otoño

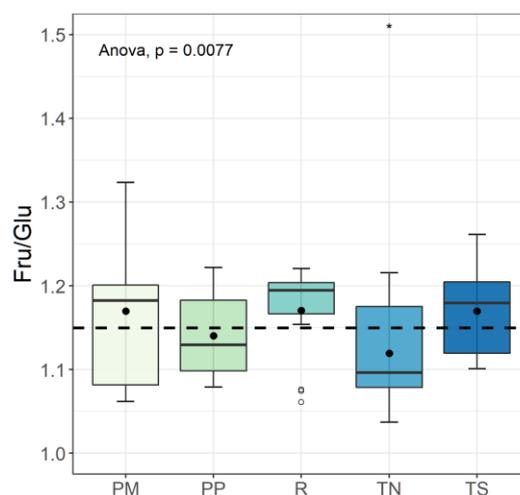


Figura 6.36. Ratio fructosa/glucosa. Miel de Mallorca de primavera

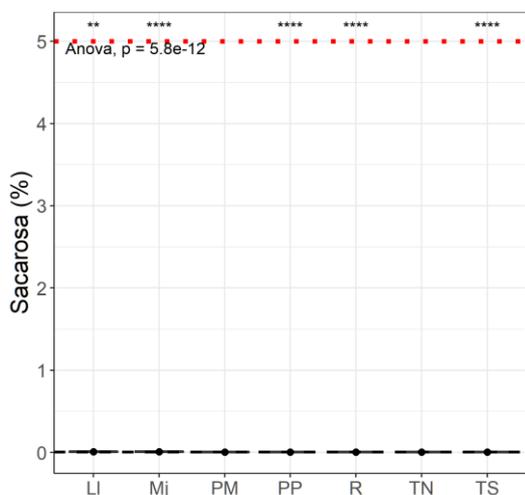


Figura 6.37. Contenido en sacarosa (%). Miel de Mallorca de otoño

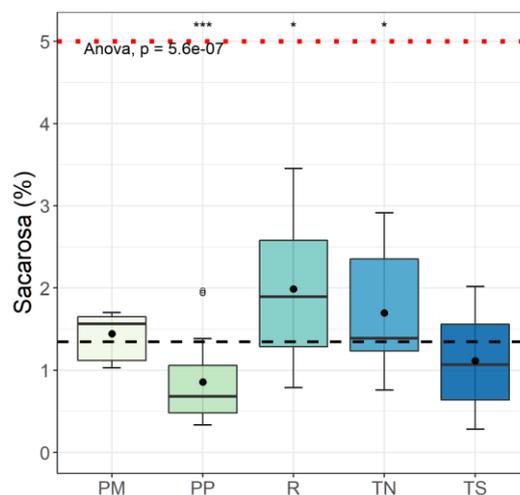


Figura 6.38. Contenido en sacarosa (%). Miel de Mallorca de primavera

La acidez libre de las muestras de otoño (Figura 6.41) fue en todos los casos mucho menor que el límite establecido por la norma, observándose valores significativamente menores en las muestras de Mj ($p < 0.05$) y PP ($p < 0.01$) y superiores en las de PM ($p < 0.0001$) y TS ($p < 0.001$). La acidez de las muestras de primavera (Figura 6.42) fue en general superior a la de las de otoño, resultando significativamente menor en la zona de PP ($p < 0.0001$) y superior en la de TS ($p < 0.01$). Además, como se observa en las figuras, hubo una buena correlación entre el pH y la acidez libre, de modo que las muestras con menor acidez presentaron mayores valores de pH.

Por otro lado, el contenido en lactonas fue muy bajo en todas las muestras de otoño de las diferentes zonas y más elevado en las correspondientes de primavera, con valores significativamente inferiores en las muestras de PM ($p < 0.001$) y R ($p < 0.01$), y con una elevada dispersión en el caso de las muestras de PP.

Nuevamente se observó que la acidez total de las muestras de miel de Mallorca de otoño (Figura 6.45) fue baja, aunque significativamente superior en las muestras de PM y TS ($p < 0.0001$) e inferior en PP ($p < 0.01$) y TN ($p < 0.05$). Al igual que se observó con los contenidos en acidez libre y en lactonas, el contenido en acidez total de las muestras de primavera (Figura 6.46) fue más elevado que en las de otoño, observándose diferencias significativas únicamente entre las muestras de la zona de PM y el resto ($p < 0.0001$).

En conclusión, aunque se han observado algunas diferencias significativas entre los parámetros físico-químicos de las muestras de miel de Mallorca según las diferentes localizaciones de los apiarios, en su mayoría no resultan relevantes y podrían estar influenciadas por el bajo número de muestras en algunas zonas. Por tanto, puede concluirse que las mieles de Mallorca tanto de otoño como de primavera parecen presentar características físico-químicas homogéneas, aunque presentando diferencias en sus características entre las dos épocas de recolección de la miel.

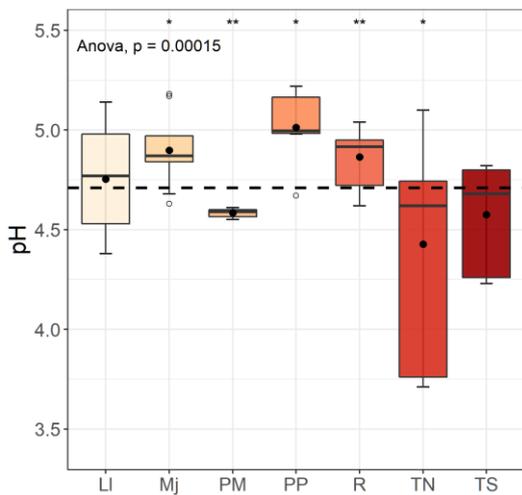


Figura 6.39. pH. Miel de Mallorca de otoño

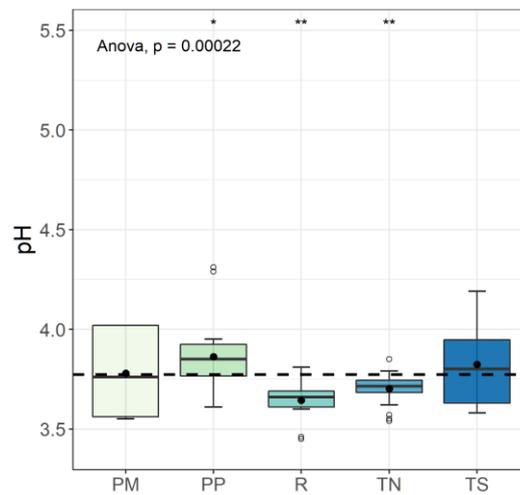


Figura 6.40. pH. Miel de Mallorca de primavera

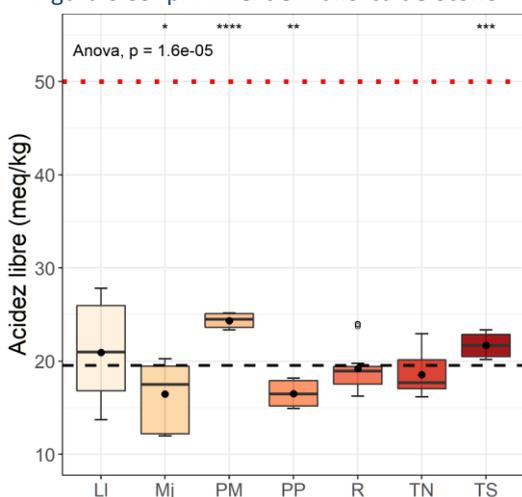


Figura 6.41. Acidez libre (meq/kg). Miel de Mallorca de otoño

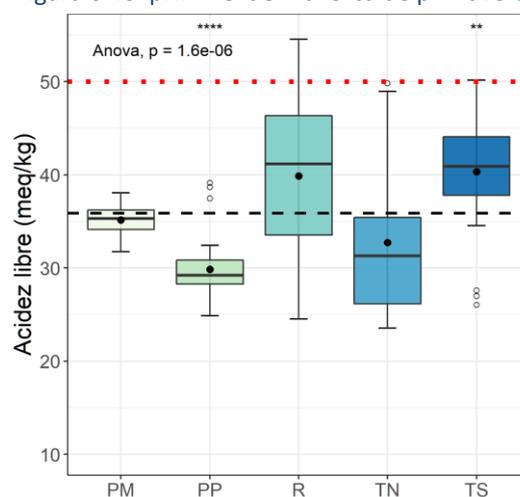


Figura 6.42. Acidez libre (meq/kg). Miel de Mallorca de primavera

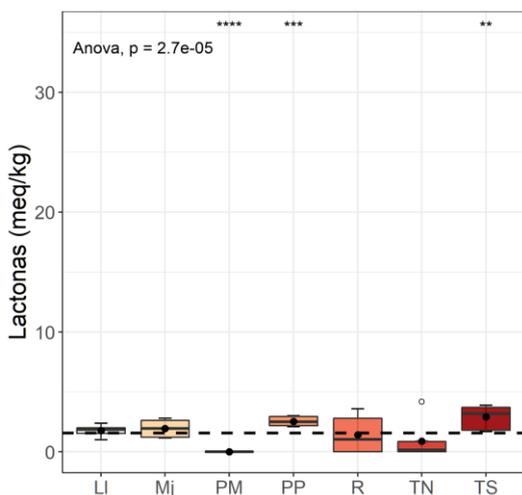


Figura 6.43. Contenido en lactonas (meq/kg). Miel de Mallorca de otoño

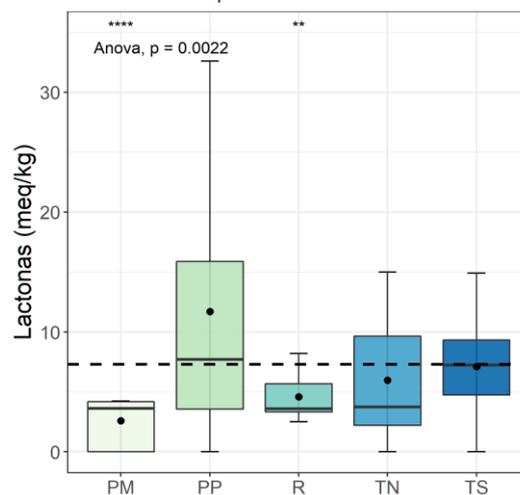


Figura 6.44. Contenido en lactonas (meq/kg). Miel de Mallorca de primavera

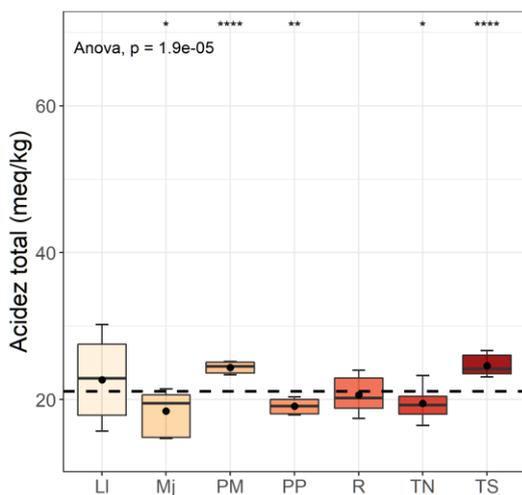


Figura 6.45. Acidez total (meq/kg). Miel de Mallorca de otoño

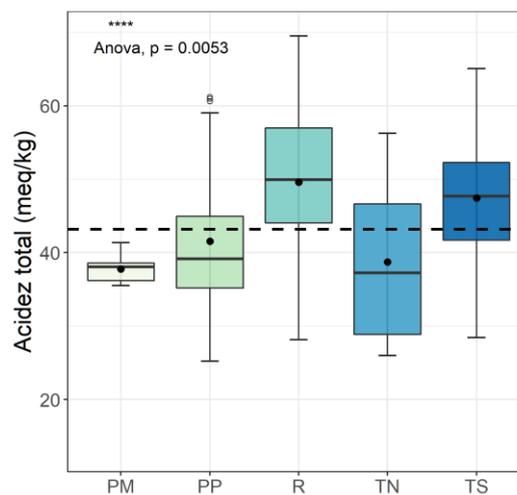


Figura 6.46. Acidez total (meq/kg). Miel de Mallorca de primavera

6.3 Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca

Las Tabla 6.7 y 6.8. muestran los resultados del análisis melisopalinológico de las muestras de miel de Mallorca de otoño y primavera respectivamente. Se ha indicado únicamente el polen mayoritario y el polen de acompañamiento, remarcando en color azul y negrita si el porcentaje del polen mayoritario fue, al menos, del 45 % (límite habitual en las DOPs para considerar una miel como monofloral) y/o el polen de acompañamiento superó el 15 % (en las mieles con DOP se suele considerar polen de acompañamiento cuando se encuentra entre el 15 y el 45 %). Cuando no hay un polen que supere el 45 % se ha clasificado como miel milflores. Los resultados completos para la miel de otoño se han incluido en el Anexo IV para las zonas de Llevant, Migjorn, Pla de Mallorca y Tramuntana Sud; y Anexo V para las zonas de Pla de Palma, Raiguer y Tramuntana Nord. Para la miel de primavera, se han incluido en el Anexo VI para la zona del Pla de Palma; Anexo VII para las zonas de Raiguer y Pla de Mallorca; Anexo VIII para la zona de Tramuntana Sud; y Anexo IX para la zona de Tramuntana Nord.

Como puede observarse en la Tabla 6.7, la mayoría de muestras de otoño presentaron como polen mayoritario el de algarrobo, en la mayoría de casos con porcentajes superiores al 45 %. También se observa la presencia de 5 muestras con brezo como polen mayoritario, en 3 de ellas representando más del 45 %. Finalmente hubo también una muestra con polen mayoritario de altabaca. Como polen de acompañamiento, se observa la presencia del polen de algarrobo en la mayoría de casos en que no es el mayoritario y también de brezo, altabaca, esparraguera o romero cuando el mayoritario es algarrobo.

Terrab (2003) determinó el contenido de los minerales mayoritarios (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, Ca y K) de diferentes muestras de miel, siendo las mieles monoflorales de brezo y algarrobo las que presentaron mayor contenido en minerales. Cabe destacar, que la miel de algarrobo es la que presentó, según el citado estudio, mayor contenido en calcio (245 ppm). También observó diferencias entre mieles monoflorales de algarrobo según su origen dependiendo de los pólenes acompañantes. Por ejemplo, en Marruecos los pólenes acompañantes mayoritarios son “*Arctotheca caléndula*” y “*Eucalyptus*” mientras que para mieles

monoflorales de algarrobo de Italia son “Arbustus unedo” y “Prunus”. En el presente estudio, el polen acompañante mayoritario es el brezo. Se trata de una especie que también da una elevada conductividad.

En cuanto a las mieles de Mallorca de primavera, la Tabla 6.8 muestra los resultados del análisis melisopalinológico. Se observa que solo dos muestras presentaron porcentajes del polen mayoritario superiores al 45 %. Por tanto, todas las muestras excepto estas dos podrían ser clasificadas como miel de Milflores.

Tabla 6.7. Análisis melisopalinológico de las mieles de Mallorca de otoño.

zona	Polen mayoritario		Polen de acompañamiento	
	polen	%	polen	%
LI	Brezo	95	-	-
LI	Algarrobo	72	Altabaca	9
LI	Brezo	49	Algarrobo	16
LI	Algarrobo	81	-	-
LI	Altabaca	50	Algarrobo	41
Mj	Algarrobo	88	-	-
Mj	Algarrobo	81	Altabaca	13
Mj	Algarrobo	48	Altabaca	26
PM	Algarrobo	70	-	-
PM	Algarrobo	85	-	-
PM	Algarrobo	19	Esparraguera	14
PP	Algarrobo	87	Brezo	5
PP	Algarrobo	71	-	-
R	Algarrobo	75	-	-
R	Algarrobo	58	Brezo	36
R	Algarrobo	71	-	-
R	Algarrobo	45	Brezo	19
R	Algarrobo	63	Brezo	35
R	Algarrobo	64	-	-
TN	Algarrobo	54	Romero	21
TN	Algarrobo	70	-	-
TN	Brezo	31	Algarrobo	27
TN	Algarrobo	47	Brezo	36
TN	Algarrobo	61	Brezo	17
TN	Algarrobo	59	Brezo	33
TS	Brezo	36	Algarrobo	23
TS	Brezo	69	Algarrobo	25
TS	Algarrobo	38	-	-

Tabla 6.8. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de primavera.

zona	Polen mayoritario		Polen de acompañamiento	
	polen	%	polen	%
PM	-	-	-	-
PM	Leguminosas	29	Bolaga	16
PM	Rabanizas	48	Cardos	16
PP	-	-	-	-
PP	Almendro	29	Romero/salvia	7
PP	Azahar	3	-	-
PP	Esparragueras	8	Laurácea tipo aguacate	7
PP	Algarrobo	23	Brezo(Xipell)	11
PP	Esparragueras	7	Mirtáceas	6
PP	Leguminosas	30	-	-
PP	Aguacate	29	Azahar	3
PP	Nomeolvides(Myosotis)	8	Esparragueras	7
R	Leguminosas	20	Algarrobo	17
R	Algarrobo	23	Brezo	5
R	Algarrobo	14	-	-
R	Zarzas	23	Leguminosas	18
R	Leguminosas	31	Cuernecillos (Lotus)	4
TN	-	-	-	-
TN	-	-	-	-
TN	Nomeolvides (Myosotis)	14	-	-
TN	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	40	-	-
TN	Leguminosas de varias especies	23	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	8
TN	Leguminosas	33	Rabanizas	26
TN	Azahar	10	Algarrobo	9
TN	Nomeolvides(Myosotis)	23	-	-
TS	-	-	-	-
TS	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	10	-	-
TS	-	-	-	-
TS	Algarrobo	49	Brezo(Xipell)	17
TS	Brezo (Xipell)	32	Algarrobo	19
TS	Esparragueras	33	Leguminosas	31
TS	Algarrobo	43	Brezo(Xipell)	5
TS	Esparragueras	16	Cuernecillos (Lotus)	10

La Figura 6.47 muestra la distribución de mieles de Mallorca de otoño (a la izquierda) y de primavera (a la derecha) de acuerdo a la clasificación por polen mayoritario ($\geq 45\%$). Puede observarse que más del 70 %

de las muestras de otoño se pudieron clasificar como miel de algarrobo y más del 80 % de las de primavera, como miel milflores.

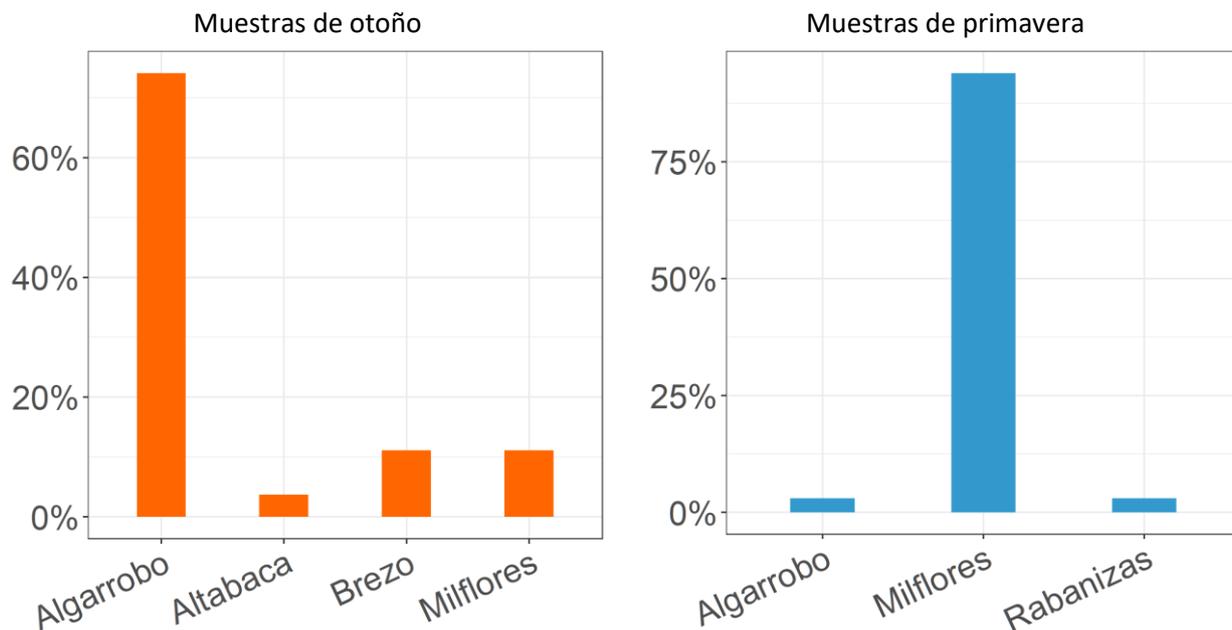


Figura 6.47. Distribución de muestras según la clasificación por polen mayoritario (>45 %)

La Figura 6.48 muestra la distribución de muestras por localización de los apiarios y por tipo de miel (monofloral o milflores). Se observa en la parte izquierda de la figura, donde se han representado las muestras de otoño, que todas las muestras de las zonas de Mj, PM, PP y R fueron mieles de algarrobo, así como la mayoría de las de las zonas de TN. En cambio, en las zonas de LI y TS predominaron otras mieles. En cuanto a las mieles de primavera (a la derecha de la figura), únicamente en las zonas de PM y TS hubo muestras de miel monofloral.

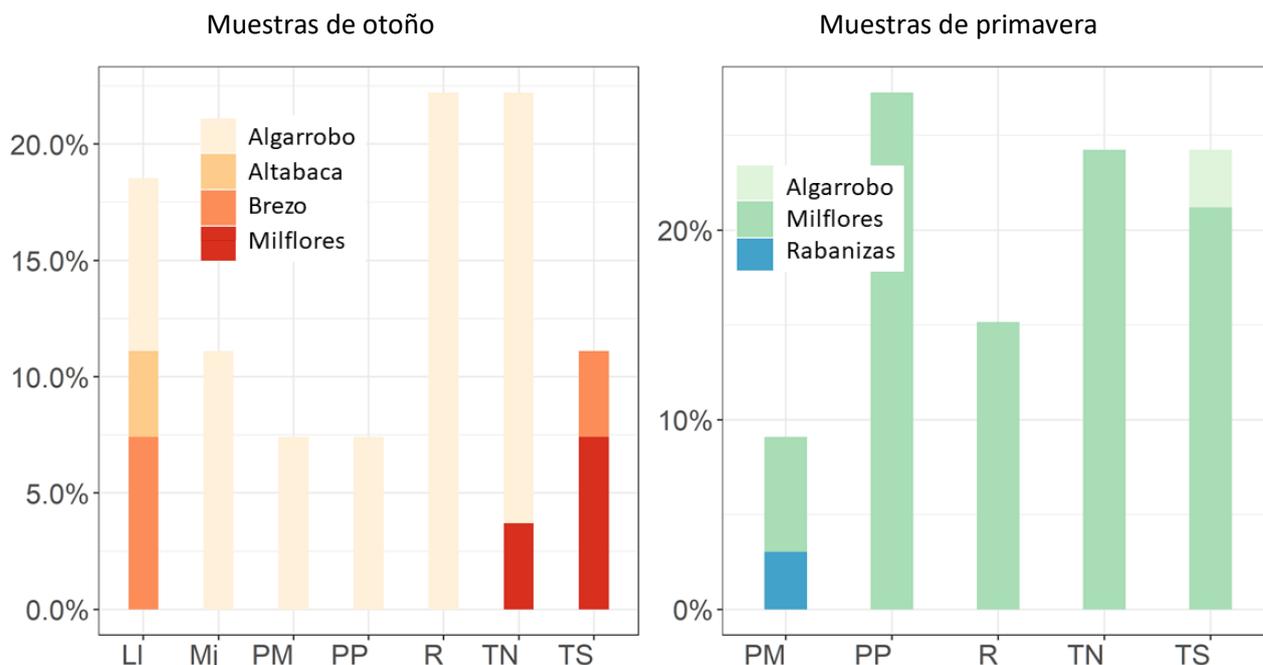


Figura 6.48. Distribución de muestras por localización de los apiarios y por polen mayoritario (>45 %)

6.4 Comparación entre mieles de Mallorca de diferentes tipos polínicos

Tal y como se ha comentado en la sección anterior, las muestras de miel de Mallorca de otoño pueden ser clasificadas, de acuerdo con su contenido en polen mayoritario ($\geq 45\%$) en cuatro tipos (miel de algarrobo, de altabaca, de brezo y de milflores), y las de primavera en tres tipos (miel de algarrobo, de milflores y de rabanizas). A continuación, se evaluará si existen diferencias significativas entre las muestras de los diferentes grupos en las variables físico-químicas, para las mieles de otoño y para las de primavera.

Las Figura 6.49 a la Figura 6.80 muestran los diagramas de cajas correspondientes a cada variable físico-química analizada en las muestras de miel de Mallorca de otoño (a la izquierda) y de primavera (a la derecha) agrupando las muestras por tipos polínicos.

La mayoría de muestras de miel de Mallorca de otoño se clasificaron como miel de algarrobo. Comparando las características físico-químicas de estas muestras con las del resto de tipos de mieles de otoño se observa que no hubo diferencias significativas en los parámetros excepto en la acidez total ($p < 0.05$).

La miel de altabaca presentó valores más elevados de, conductividad eléctrica ($p < 0.0001$), contenido en glucosa ($p < 0.0001$) y acidez total ($p < 0.0001$); y valores menores en la cantidad de HMF ($p < 0.0001$), sólidos insolubles ($p < 0.0001$), ratio fructosa/glucosa ($p < 0.05$), acidez libre ($p < 0.0001$) y acidez total ($p < 0.0001$).

Por su parte la miel de brezo, presentó mayores contenidos en glucosa ($p < 0.05$), en acidez libre y en acidez total ($p < 0.001$); y menor conductividad eléctrica y ratio fructosa/glucosa ($p < 0.0001$).

La miel de milflores se diferenció del resto por su contenido en humedad que fue ligeramente superior ($p < 0.05$), mayor actividad de agua ($p < 0.0001$), acidez libre ($p < 0.001$) y acidez total ($p < 0.0001$); y menores conductividad eléctrica ($p < 0.05$) y pH ($p < 0.01$).

En cuanto a la miel de primavera, ésta se clasificó mayoritariamente como miel de milflores. Tal y como puede observarse en los diagramas de caja, la miel de primavera milflores no presentó diferencias significativas en ningún parámetro con el resto de mieles de primavera.

Entre las mieles de primavera, la miel de algarrobo presentó menor contenido en humedad ($p < 0.05$), , sólidos insolubles y sacarosa ($p < 0.0001$); y valores superiores en color, conductividad eléctrica, contenidos en HMF y fructosa y pH con un elevado nivel de significación ($p < 0.0001$).

Por su lado, la miel de rabanizas presentó mayor contenido en agua ($p < 0.001$) y menor valor de color y conductividad eléctrica ($p < 0.0001$), contenido en HMF ($p < 0.001$), ratio fructosa/glucosa ($p < 0.0001$) y contenido en sacarosa ($p < 0.01$).

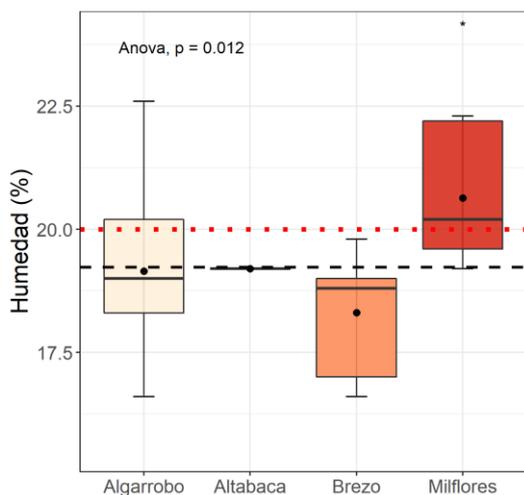


Figura 6.49. Contenido en humedad (%). Miel de otoño de diferentes tipos

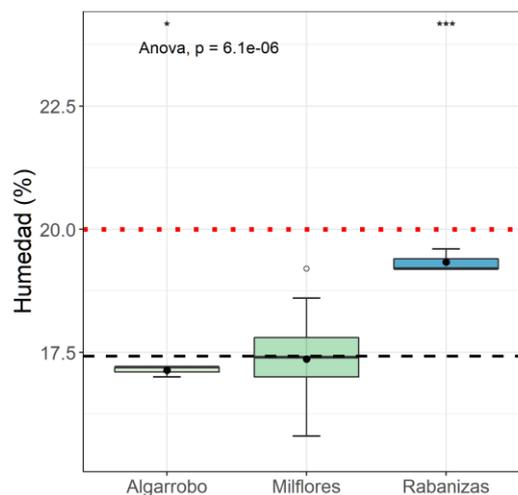


Figura 6.50. Contenido en humedad (%). Miel de primavera de diferentes tipos

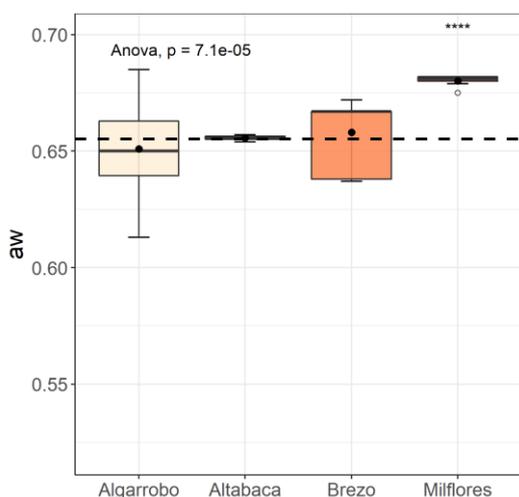


Figura 6.51. Actividad de agua. Miel de otoño de diferentes tipos

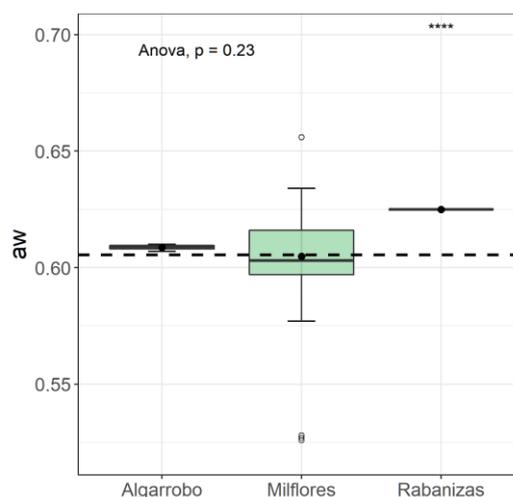


Figura 6.52. Actividad de agua. Miel de primavera de diferentes tipos

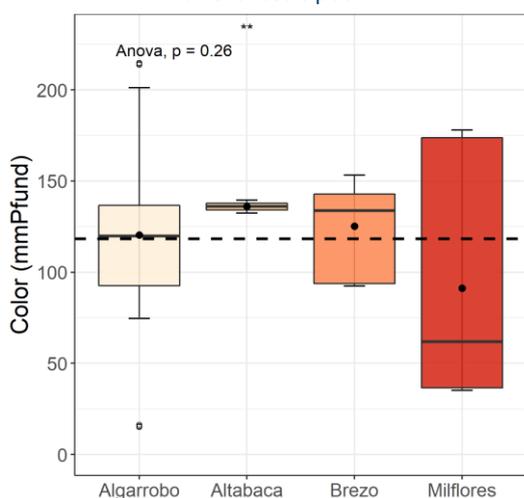


Figura 6.53. Color (mm Pfund). Miel de otoño de diferentes tipos

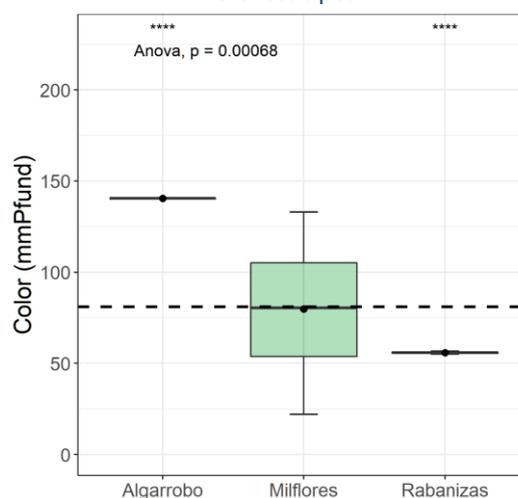


Figura 6.54. Color (mm Pfund). Miel de primavera de diferentes tipos

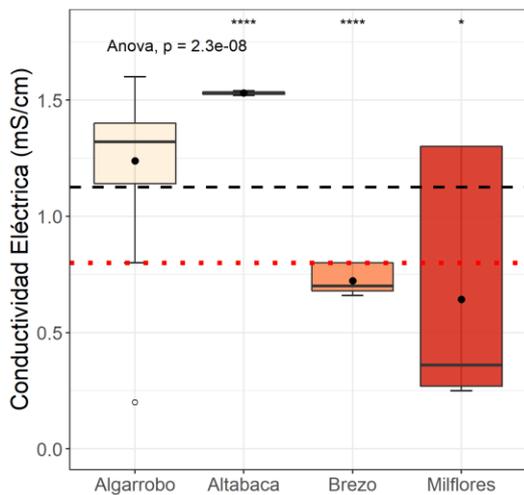


Figura 6.55. Conductividad eléctrica (mS/cm). Mieles de otoño de diferentes tipos

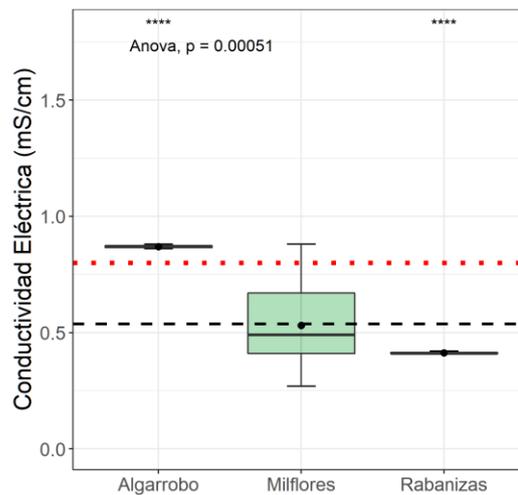


Figura 6.56. Conductividad eléctrica (mS/cm). Mieles de primavera de diferentes tipos

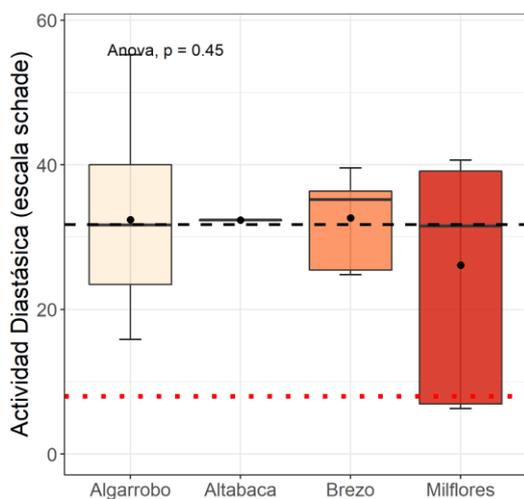


Figura 6.57. Actividad diastásica (escala Schade). Mieles de otoño de diferentes tipos

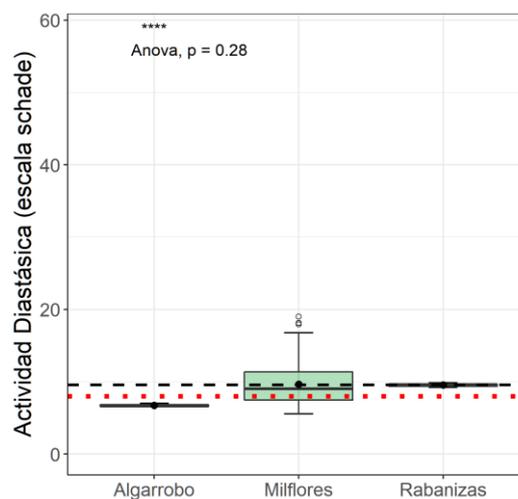


Figura 6.58. Actividad diastásica (escala Schade). Mieles de primavera de diferentes tipos

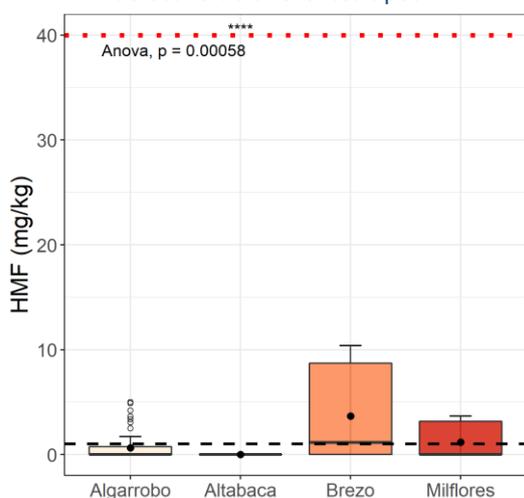


Figura 6.59. Contenido en HMF (mg/kg). Mieles de otoño de diferentes tipos

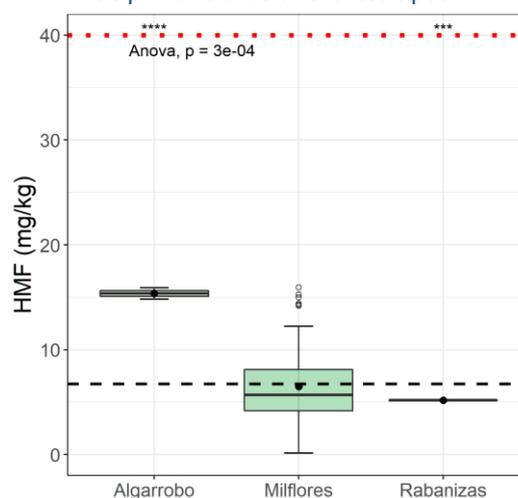


Figura 6.60. Contenido en HMF (mg/kg). Mieles de primavera de diferentes tipos

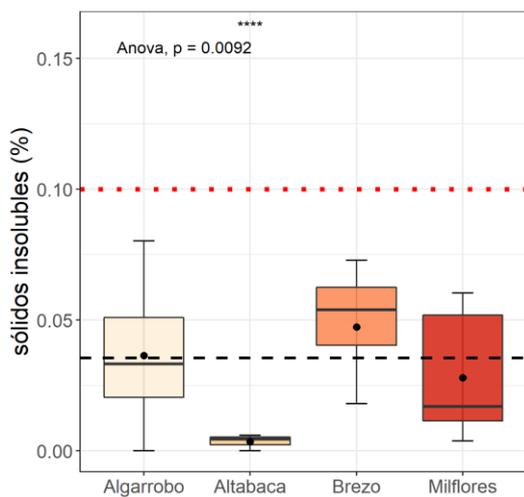


Figura 6.61. Sólidos insolubles (%). Miel de otoño de diferentes tipos

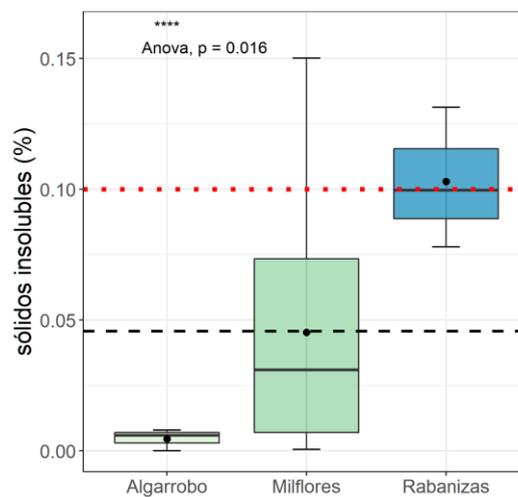


Figura 6.62. Sólidos insolubles (%). Miel de primavera de diferentes tipos

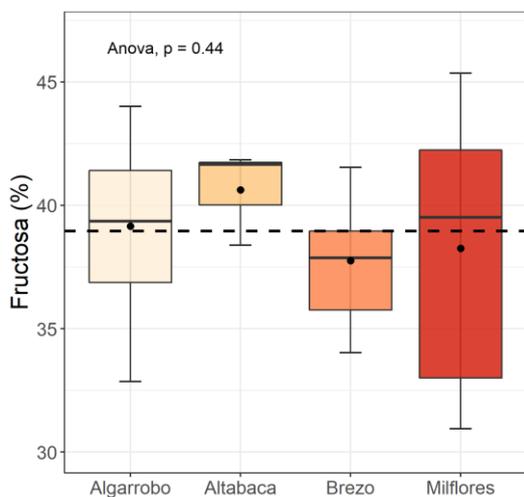


Figura 6.63. Contenido en fructosa (%). Miel de otoño de diferentes tipos

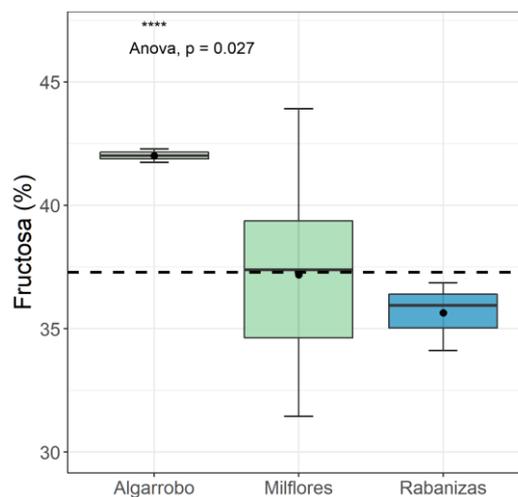


Figura 6.64. Contenido en fructosa (%). Miel de primavera de diferentes tipos

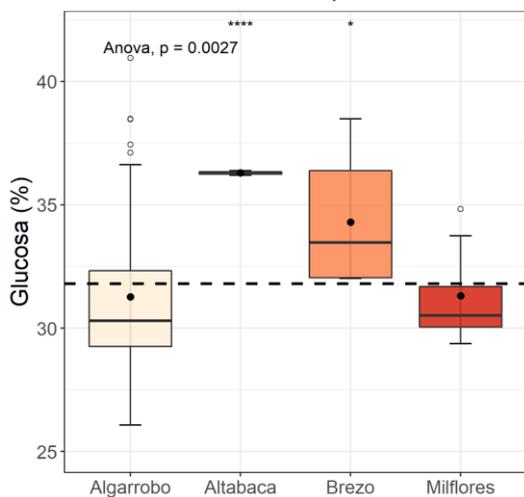


Figura 6.65. Contenido en glucosa (%). Miel de otoño de diferentes tipos

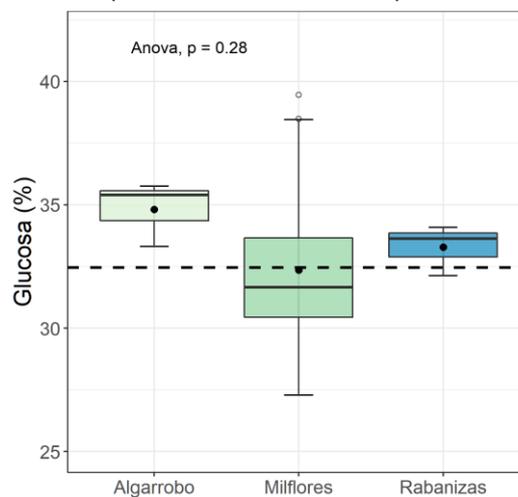


Figura 6.66. Contenido en glucosa (%). Miel de primavera de diferentes tipos

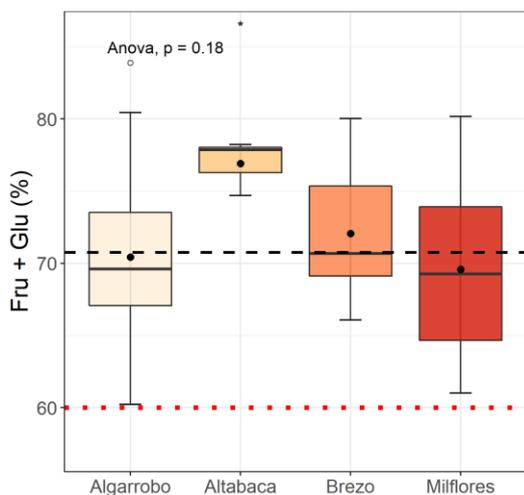


Figura 6.67. Contenido en fructosa + glucosa (%). Mieles de otoño de diferentes tipos

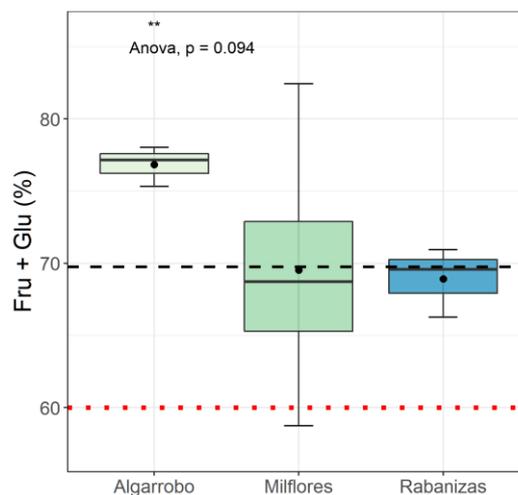


Figura 6.68. Contenido en fructosa + glucosa (%). Mieles de primavera de diferentes tipos

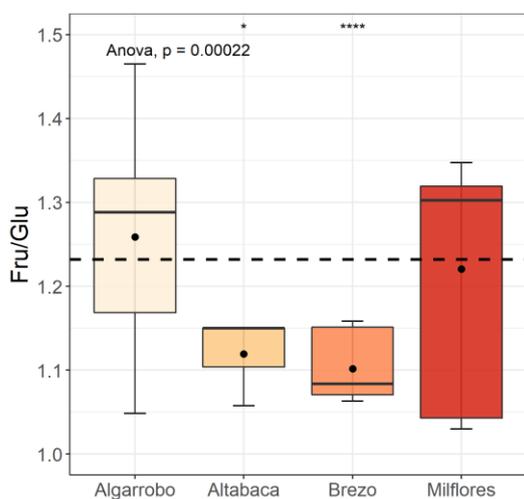


Figura 6.69. Ratio fructosa/glucosa. Mieles de otoño de diferentes tipos

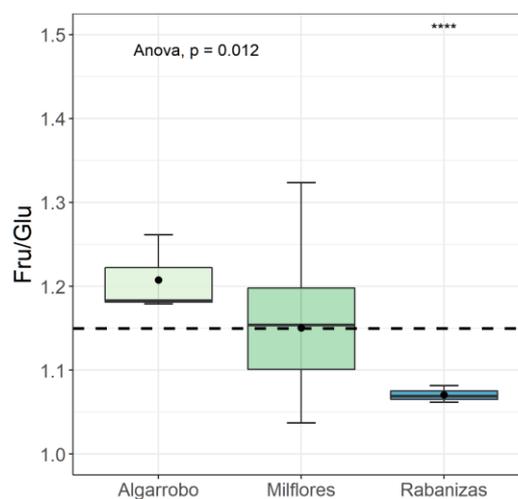


Figura 6.70. Ratio fructosa/glucosa. Mieles de primavera de diferentes tipos

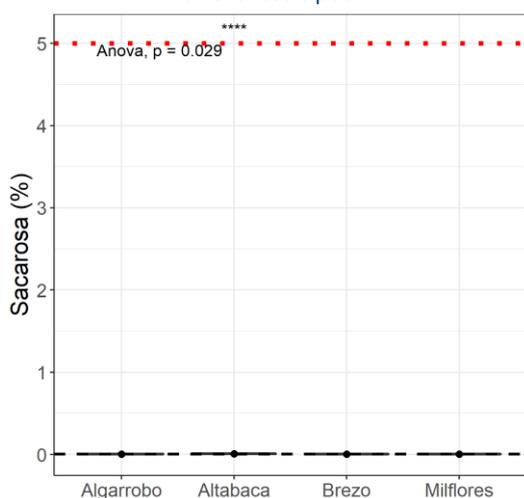


Figura 6.71. Contenido en sacarosa (%). Mieles de otoño de diferentes tipos

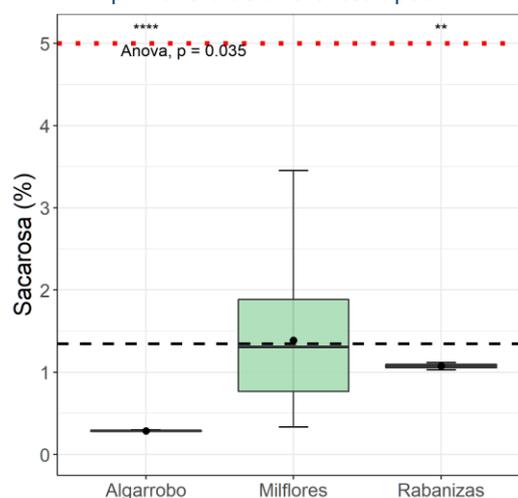


Figura 6.72. Contenido en sacarosa (%). Mieles de primavera de diferentes tipos

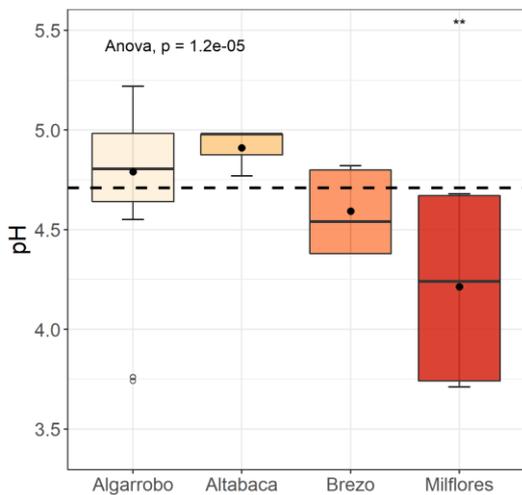


Figura 6.73. pH. Miel de otoño de diferentes tipos

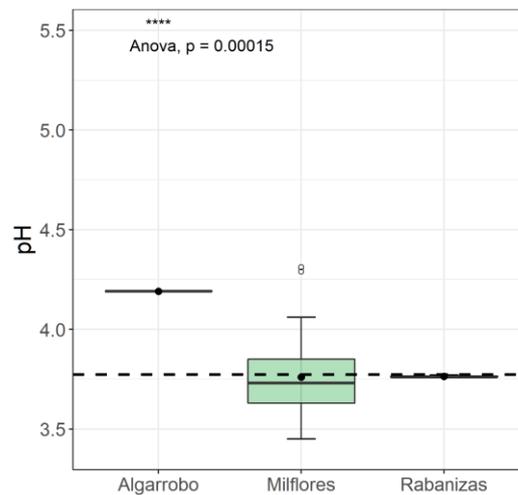


Figura 6.74. pH. Miel de primavera de diferentes tipos

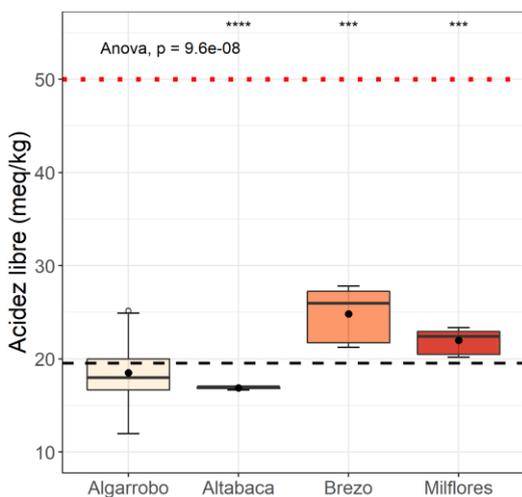


Figura 6.75. Acidez libre (meq/kg). Miel de otoño de diferentes tipos

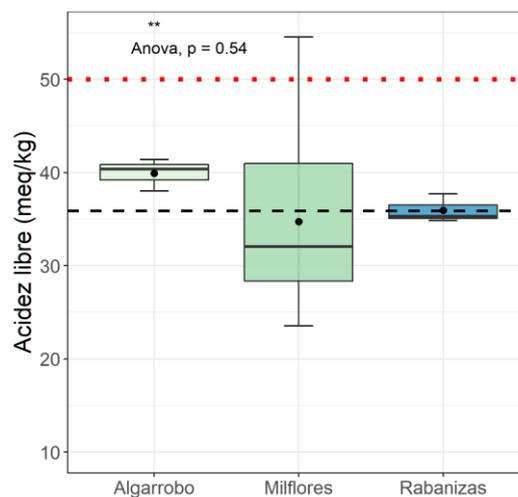


Figura 6.76. Acidez libre (meq/kg). Miel de primavera de diferentes tipos

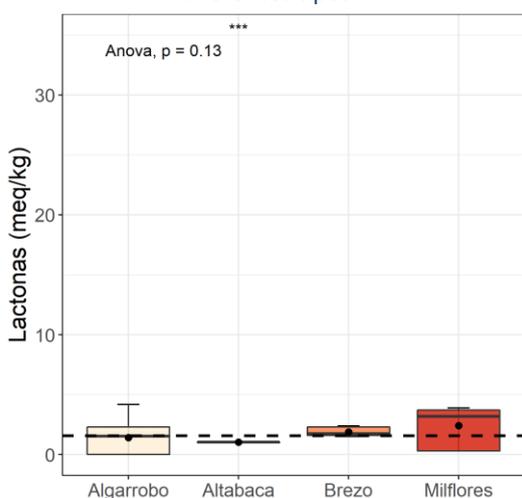


Figura 6.77. Contenido en lactonas (meq/kg). Miel de otoño de diferentes tipos

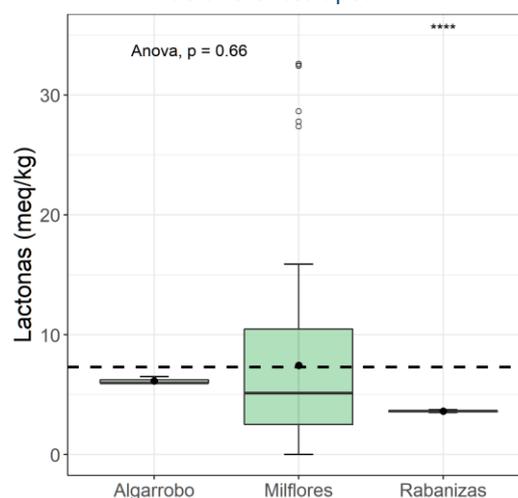


Figura 6.78. Contenido en lactonas (meq/kg). Miel de primavera de diferentes tipos

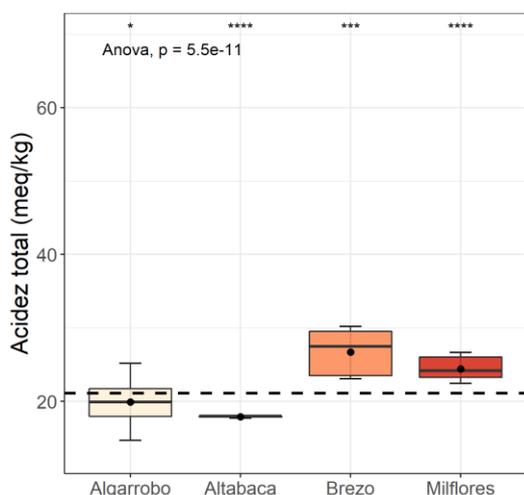


Figura 6.79. Acidez total (meq/kg). Mieles de otoño de diferentes tipos

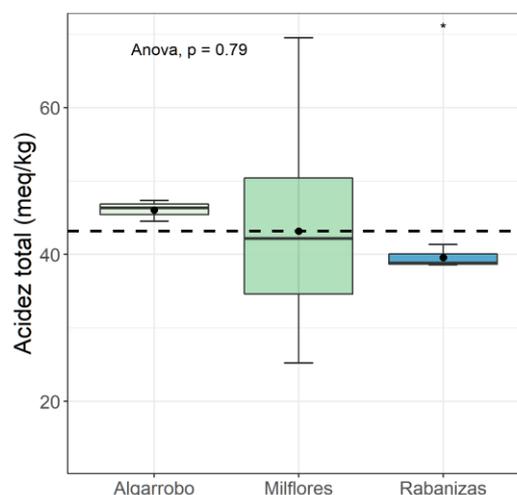


Figura 6.80. Acidez total (meq/kg). Mieles de primavera de diferentes tipos

6.4.1 Comparación mediante análisis multivariable

A continuación, se presenta un estudio estadístico multivariable con el objetivo de evaluar la existencia de diferencias entre las mieles de Mallorca debidas a las variables físico-químicas y de acuerdo a su clasificación por tipo, según el polen mayoritario cuando éste representa al menos el 45 % del polen total, o como miel multifloral o milflores cuando ningún polen alcanza este porcentaje. En este estudio, se han considerado de manera conjunta todas las muestras de miel de Mallorca, independientemente de la época de recolección.

Con las 16 variables físico-químicas se elaboró la matriz de correlaciones que se muestra en la Figura 6.81. Se han indicado en color rojo las correlaciones positivas entre variables, con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a 1, y en color verde, las correlaciones negativas con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a -1.

Como puede observarse en dicha figura (Figura 6.81), se han obtenido numerosas correlaciones entre las variables (algunas variables se encuentran en más de un grupo), siendo las más elevadas (superiores a 0.6 en valor absoluto), las obtenidas entre los siguientes grupos:

- Humedad y actividad de agua (positiva)
- Contenido en HMF y acidez libre (positiva)
- Actividad de agua con la actividad diastásica (positiva) y con el contenido en sacarosa (negativa)
- La actividad diastásica con la conductividad eléctrica y el pH (positiva)
- La conductividad eléctrica con el pH, la ratio fructosa/glucosa y el color (positivas)
- El pH con el contenido en sacarosa, la acidez libre y acidez total (negativas)
- Los contenidos en fructosa y glucosa con la suma de fructosa más glucosa (positivas)
- El contenido en sacarosa con la acidez libre (positiva)
- La acidez libre y el contenido en lactonas con la acidez total (positivas)

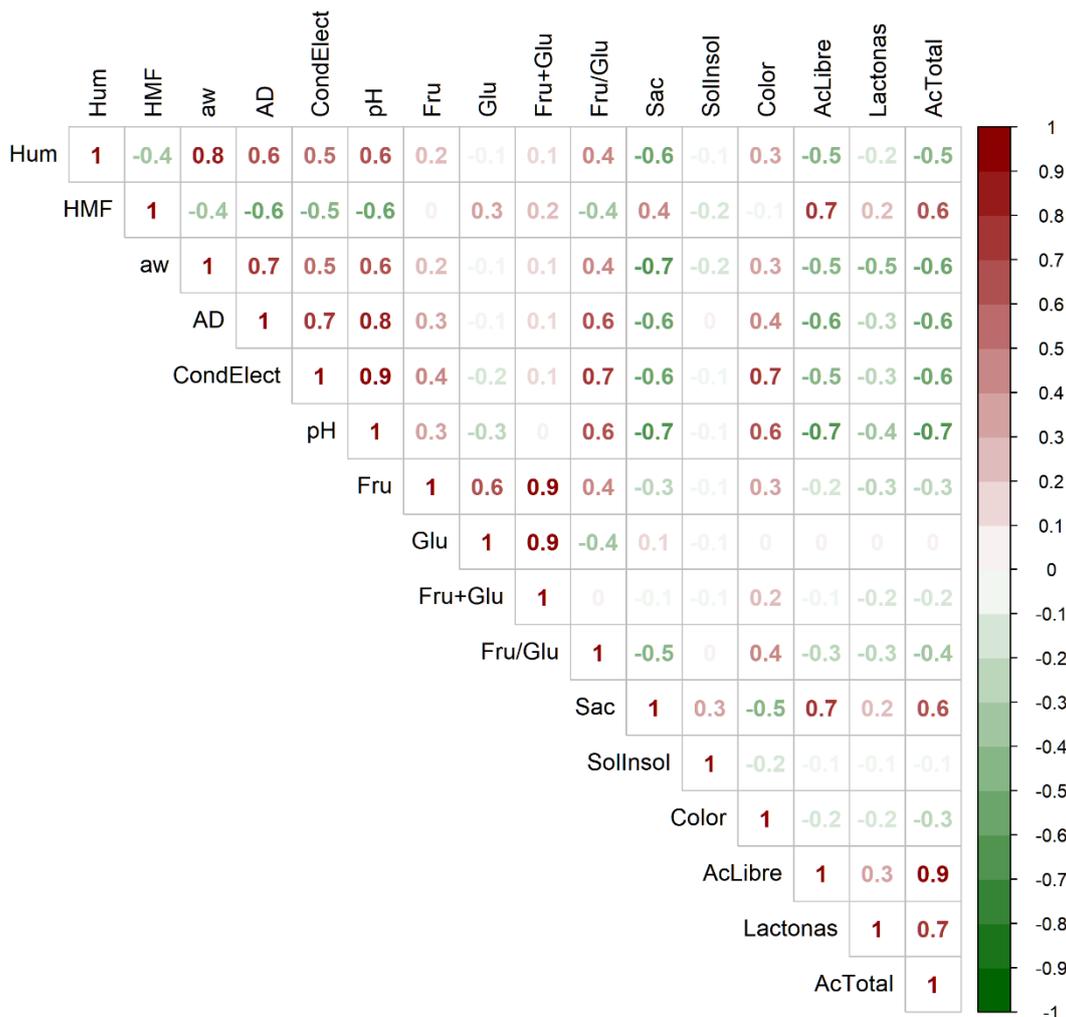


Figura 6.81. Matriz de correlaciones entre las variables físico-químicas. Muestras de miel de Mallorca de diferentes tipos en función del contenido polínico.

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis de componentes principales (ACP). En primer lugar y a partir del conjunto de las 16 variables estudiadas, se descartó el contenido en Fru+Glu por no presentar diferencias significativas entre los diferentes tipos de muestras. De acuerdo con la matriz de correlaciones, existen importantes correlaciones entre las variables, por lo que se redujo el número de variables para el ACP eliminando las que estaban excesivamente correlacionadas con otras, y manteniendo preferentemente aquellas que están descritas en la norma de la miel y las que presentaron mayor capacidad discriminante.

Así, el ACP se realizó con 8 variables: **contenido en humedad, color, conductividad eléctrica, actividad diastásica, contenidos en sólidos insolubles y en fructosa, ratio Fru/Glu y acidez libre.**

Dicho análisis se llevó a cabo utilizando la función PCA del paquete de R FactoMineR, escalando previamente las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen la misma desviación estándar, por lo tanto, todas las variables tienen el mismo peso.

En la Tabla 6.9 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales y la Figura 6.82. Contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). ACP. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos muestra la contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). La línea roja discontinua indica el valor medio de contribución.

Para una determinada componente, una variable con una contribución mayor a este límite puede considerarse importante a la hora de contribuir a esta componente. Como puede observarse, las variables conductividad eléctrica, actividad diastásica, acidez libre y ratio Fru/Glu presentaron, por orden, coeficientes elevados en el primer componente principal, mientras que, en el segundo, las variables con mayor contribución fueron las variables contenido en sólidos insolubles y color, además de una contribución también importante de la acidez libre.

Tabla 6.9. ACP. Coeficientes de los tres primeros componentes principales. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos.

	Dim1	Dim2	Dim3
Hum	0.664	0.318	-0.359
AD	0.827	0.215	-0.163
CondElect	0.893	-0.120	-0.002
Fru	0.547	-0.206	0.582
Fru/Glu	0.684	-0.012	0.468
Sollnsol	-0.175	0.784	0.397
Color	0.642	-0.460	-0.088
AcLibre	-0.690	-0.393	0.199

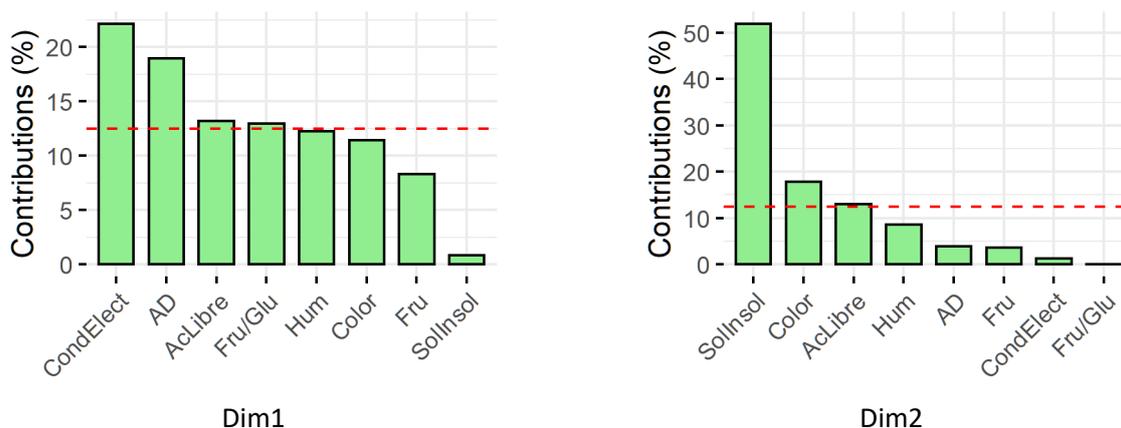


Figura 6.82. Contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). ACP. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos

En la Tabla 6.10 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los 8 componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 45.1 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 14.8 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 60 % de la varianza. La Figura 6.83 muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal mediante un scree plot (función fviz_screplot del paquete factoextra de R). Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 71.4 % de la varianza.

Tabla 6.10. ACP. Porcentaje de varianza explicada por los 8 componentes principales. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	% Varianza Explicada Acumulada
1	3.61	45.1	45.1
2	1.19	14.8	59.9
3	0.92	11.5	71.4
4	0.69	8.6	80.0
5	0.59	7.4	87.3
6	0.53	6.6	93.9
7	0.32	4.1	98.0
8	0.16	2.0	100.0

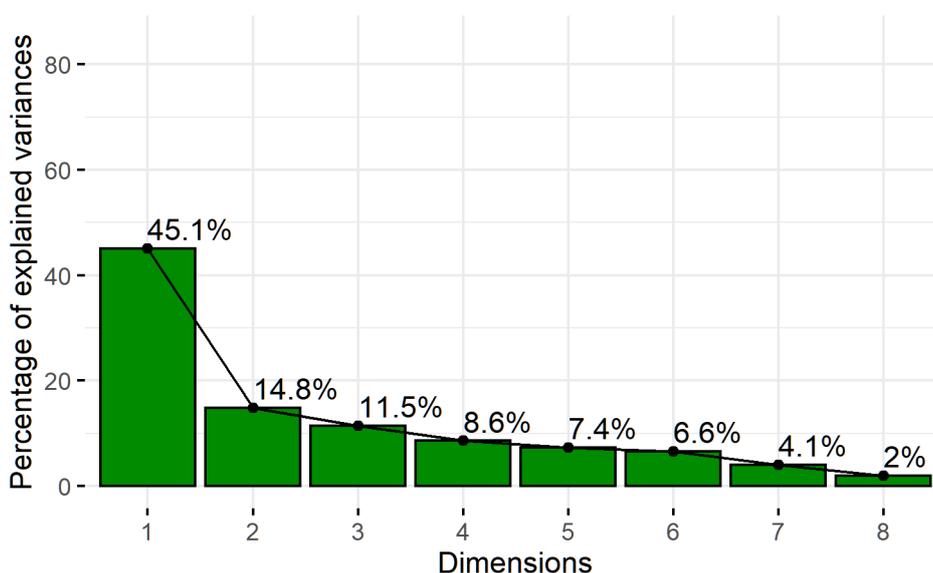


Figura 6.83. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos.

En la Figura 6.84 se representan las variables en el espacio Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra).

Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los dos primeros componentes). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno (\cos^2) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del \cos^2 sobre todos los componentes

principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de \cos^2 sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

Se observa como las variables contenido en humedad, actividad diastásica, ratio Fru/Glu, conductividad eléctrica, contenido en fructosa y color se localizan en la parte positiva del primer componente principal, las dos primeras hacia la parte positiva del segundo componente principal (cuadrante I) y las tres últimas hacia la negativa (cuadrante IV). La ratio Fru/Glu se localiza prácticamente sobre el eje horizontal mostrando su prácticamente nula contribución a Dim2. En cuanto a las variables contenido en sólidos insolubles y acidez libre se localizan hacia valores negativos de Dim1 y positivo de Dim2 la primera (cuadrante II) y negativo la segunda (cuadrante III).

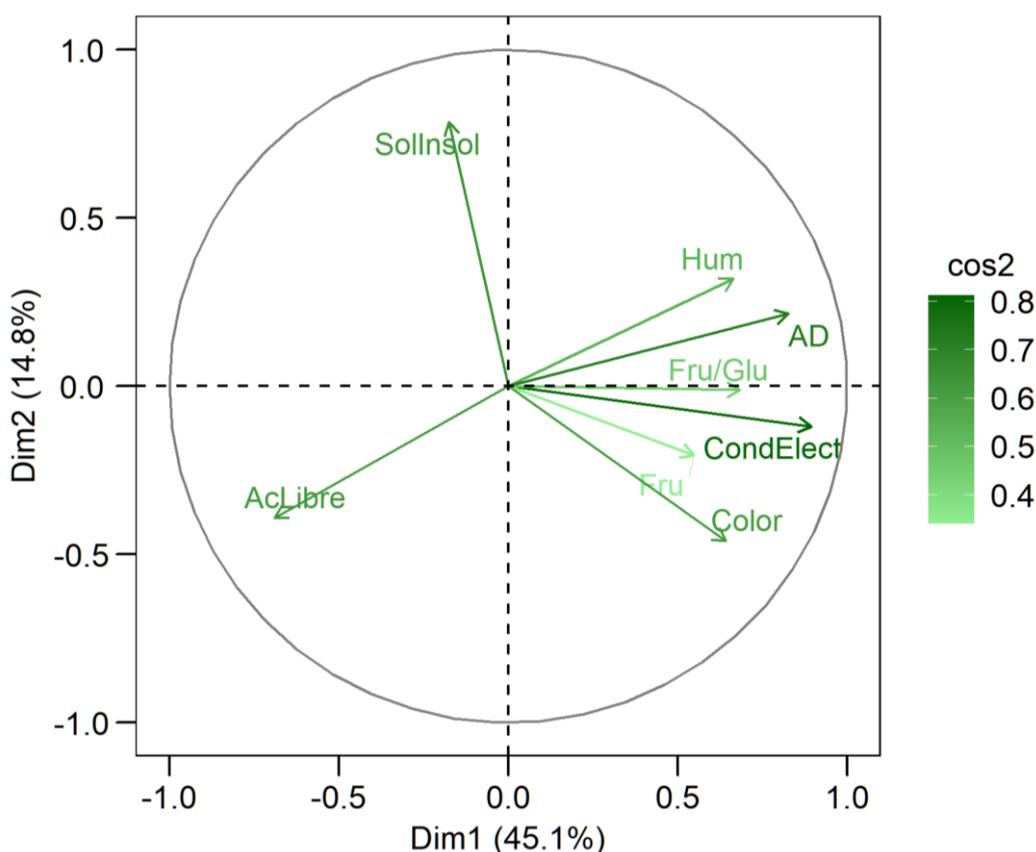


Figura 6.84. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos.

En la Figura 6.85 se representan las variables y las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una

observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra). Se incluyen también las elipses de confianza ($p < 0.05$) que permiten visualizar si los grupos son significativamente diferentes o no.

Con respecto a las muestras, en la Figura 6.85, puntuaciones próximas representan observaciones de similares características. Además, la relación de las muestras con las variables se puede estudiar proyectando las observaciones sobre la dirección de los vectores.

En la Figura 6.85 se puede observar que cuando se representan las muestras de miel de Mallorca en el espacio formado por el primer (Dim1) y segundo (Dim2) componentes principales, la mayoría se agrupan en diferentes zonas según su tipo. Las muestras de miel de Mallorca de algarrobo se concentran en la zona derecha del gráfico, principalmente en el I y IV cuadrante (lado positivo o valores negativos bajos del primer componente principal), mientras que las de miel de Mallorca de milflores se localizan sobretudo en la parte negativa del eje Dim1 (cuadrantes II y III), salvo 2 muestras que se localizan mezcladas con el primer grupo.

Las muestras de miel de Mallorca de brezo se localizan en el centro del gráfico, prácticamente equidistantes con los otros dos grupos mencionados. La muestra de miel de Mallorca de altabaca se localiza entre las muestras de miel de algarrobo mientras que la de rabanizas, se localiza cerca de las de miel milflores. De este modo, y dada la elevada frecuencia de muestras clasificadas como miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores, se puede concluir que estos dos tipos de miel presentan propiedades físico-químicas diferentes.

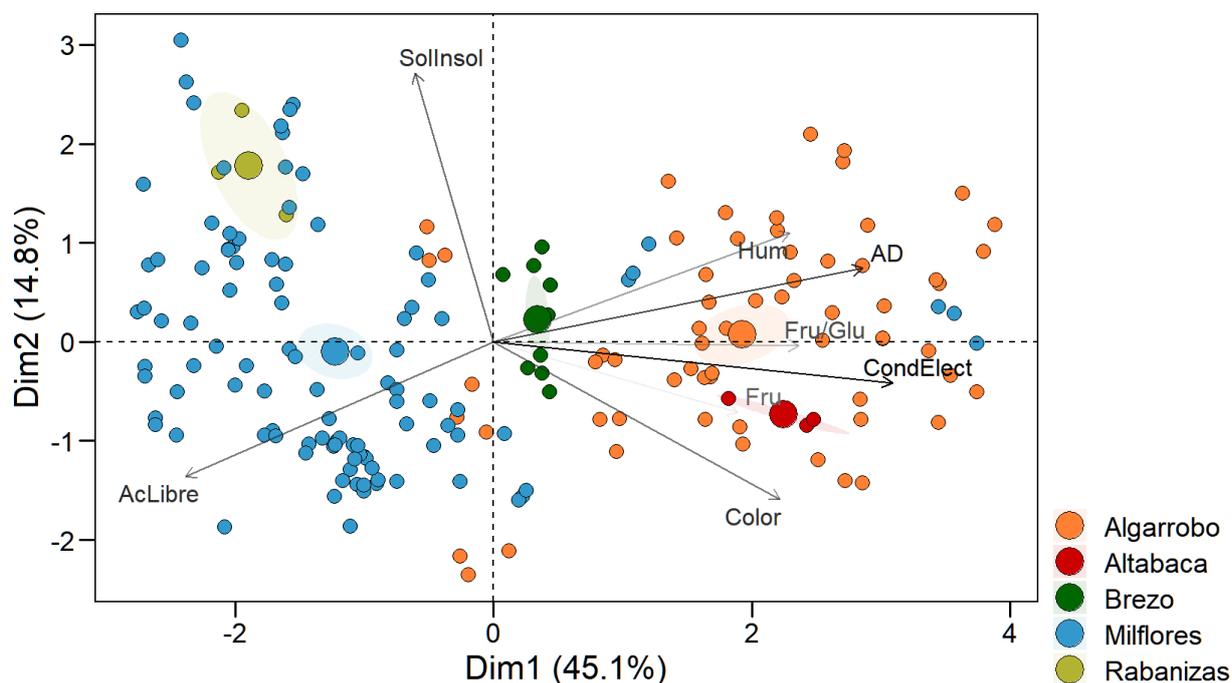


Figura 6.85. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca de diferentes tipos.

La Figura 6.86 muestra la representación de las muestras de miel de Mallorca en el espacio Dim2 vs Dim1 agrupadas de acuerdo a la época de recolección de la miel, otoño y primavera. Puede observarse una distribución de las muestras de acuerdo al primer componente principal, de manera que la mayoría de muestras de otoño se localizan hacia el lado positivo y las de primavera hacia el lado negativo. De este modo, se demuestra la existencia de diferencias en las características físico-químicas de la miel de Mallorca debido a la época de recolección.

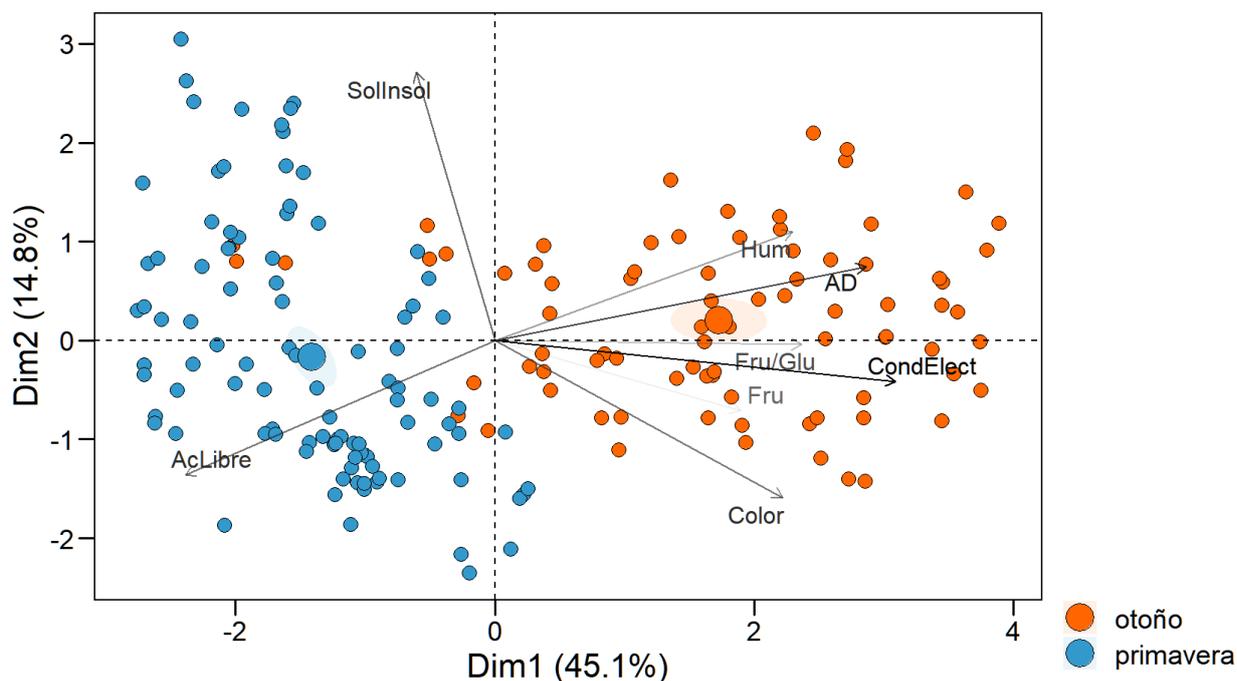


Figura 6.86. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca de diferentes épocas de recolección.

En la Figura 6.87 se han representado las muestras de miel de Mallorca en el espacio Dim2 vs Dim1 agrupadas de acuerdo a la localización de los apiarios en la isla de Mallorca. Puede observarse una distribución heterogénea de las muestras, por lo que se podría concluir que la miel de Mallorca presenta características físico-químicas independientes de la zona dentro de la isla de Mallorca.

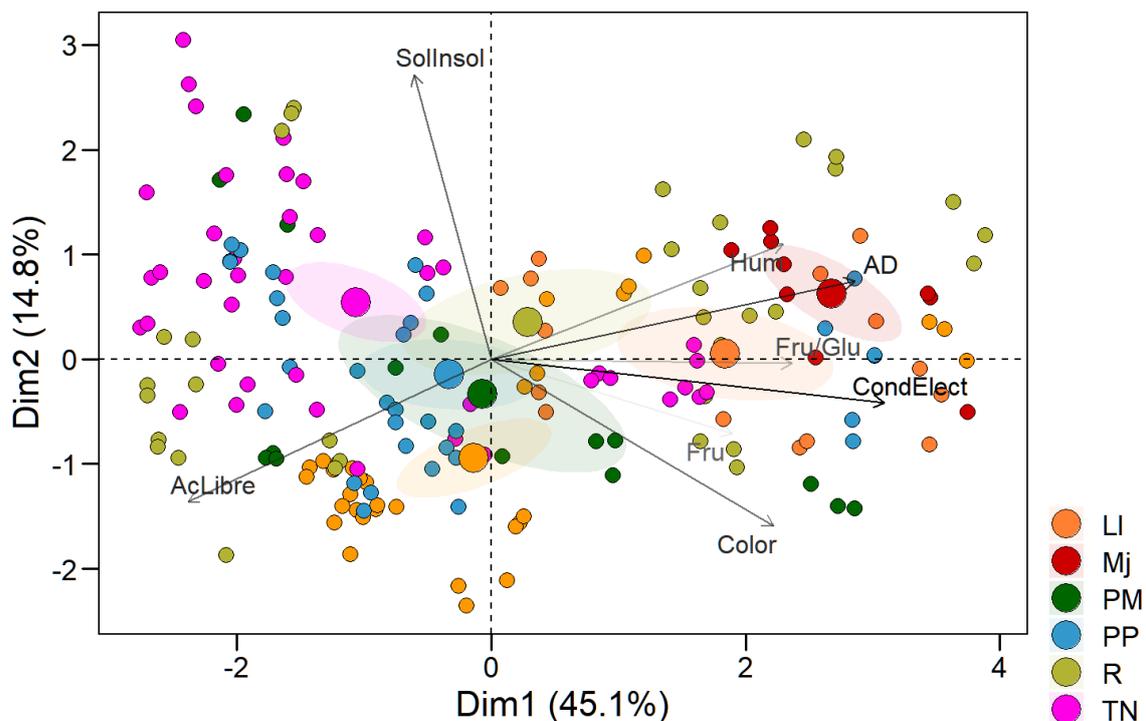


Figura 6.87. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca agrupadas de acuerdo a la localización de los apiarios.

La Figura 6.88 muestra la representación de las variables y las muestras en el espacio formado por los dos primeros componentes principales, agrupadas de acuerdo al color de la miel según la escala Pfund. Puede observarse en dicha figura como las muestras más claras presentan principalmente valores negativos del primer componente (muestras con elevada acidez libre, y baja conductividad eléctrica y actividad diastásica) y valores positivos del segundo componente, indicando muestras con elevado contenido en sólidos solubles. Las muestras más oscuras se encuentran principalmente en la parte positiva de Dim1, con elevada conductividad eléctrica y actividad diastásica, y hacia la parte negativa del Dim2, con bajos contenidos en sólidos insolubles.

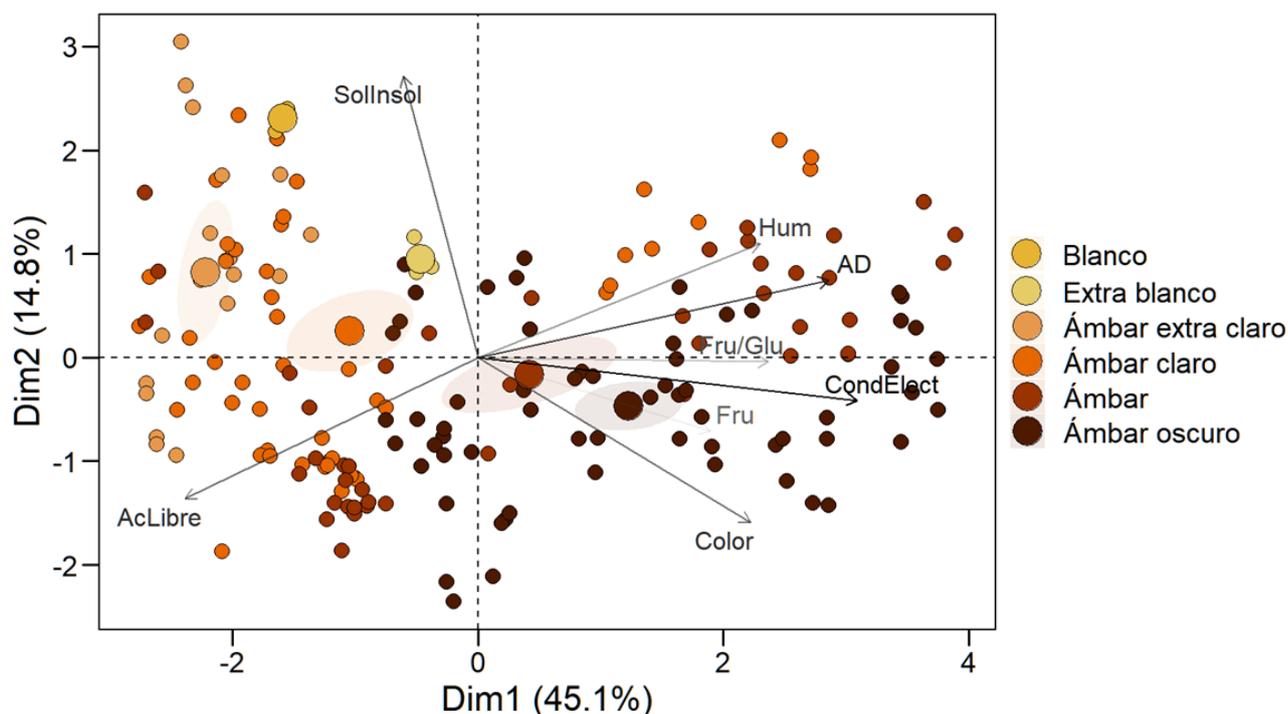


Figura 6.88. APC. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca agrupadas de acuerdo a su color.

Como conclusiones, se puede decir que la miel de Mallorca se puede agrupar como dos tipos mayoritarios de mieles:

- miel de algarrobo, recogida principalmente en otoño, que presenta tonos entre ámbar claro y ámbar oscuro, con un elevado contenido en humedad, altas conductividad eléctrica y actividad diastásica y baja acidez.
- Miel multifloral o milflores, recogida principalmente en primavera, con tonos claros, entre blanco y ámbar, con menor contenido en humedad, conductividad eléctrica y actividad diastásica, mayor acidez libre, así como una mayor tendencia a contener sólidos insolubles.

Además, las características de las mieles de Mallorca no parecen depender de la localización de los apiarios dentro de la isla.

6.5 Comparación entre la miel de algarrobo y la miel de milflores

De acuerdo a los resultados obtenidos globalmente en todas las muestras analizadas entre otoño y primavera, hay dos tipos de miel más frecuentes en la miel de Mallorca, la miel de algarrobo (≥ 45 % polen mayoritario) y la miel milflores. Por tanto, a continuación, se ha procedido a comparar ambos grupos de muestras, independientemente de la época de recolección.

Se han representado los resultados obtenidos en los parámetros físico-químicos para todas las muestras clasificadas como miel de algarrobo y como miel milflores en diagramas de caja (desde Figura 6.89 a la Figura 6.104).

Como puede observarse en los boxplots, se observaron diferencias significativas en casi todos los parámetros físico-químicos excepto en el contenido en sólidos insolubles, el contenido en glucosa y en la suma de fructosa + glucosa. Por tanto, puede afirmarse que la miel de Mallorca de algarrobo y la miel de Mallorca de milflores conforman dos grupos diferentes desde el punto de vista de sus propiedades físico-químicas, presentando la miel de algarrobo, en comparación con la de milflores, un mayor contenido en humedad ($p < 0.001$) y actividad de agua ($p < 0.0001$), color ($p < 0.001$), conductividad eléctrica ($p < 0.0001$), actividad diastásica ($p < 0.0001$), contenido en fructosa ($p < 0.01$), ratio fructosa/glucosa ($p < 0.0001$), pH ($p < 0.0001$); y menores valores de contenido en HMF ($p < 0.0001$), contenido en sacarosa ($p < 0.0001$), acidez libre ($p < 0.0001$), contenido en lactonas ($p < 0.0001$) y acidez total ($p < 0.0001$).

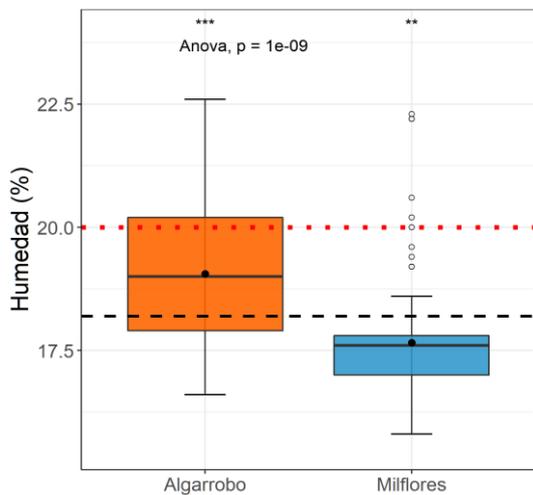


Figura 6.89. Contenido en humedad (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

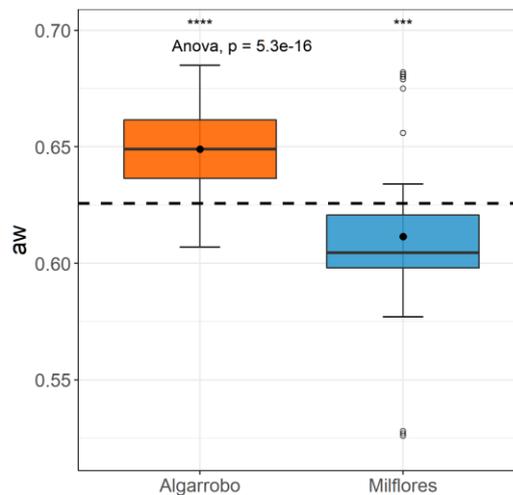


Figura 6.90. Actividad de agua. Miel de algarrobo vs miel de milflores

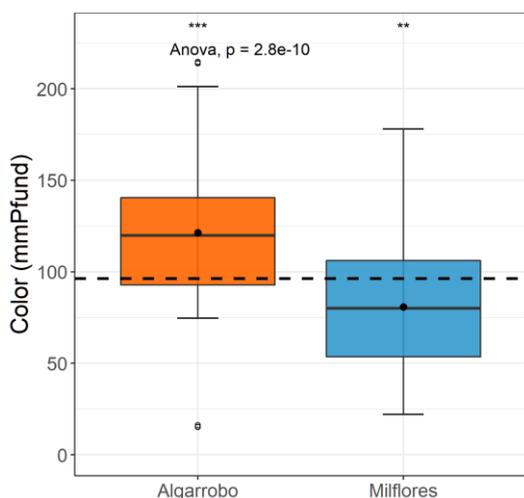


Figura 6.91. Color (mm Pfund). Miel de algarrobo vs miel de milflores

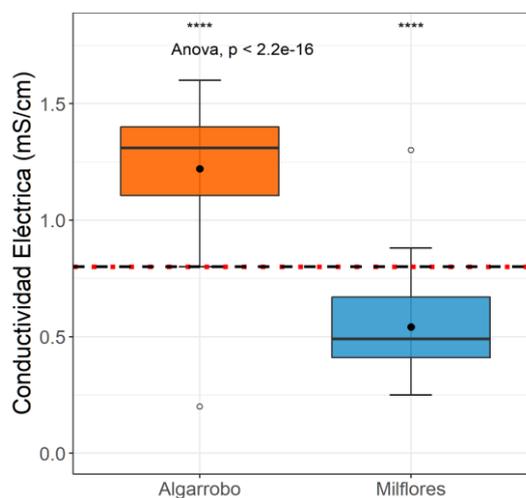


Figura 6.92. Conductividad eléctrica (mS/cm). Miel de algarrobo vs miel de milflores

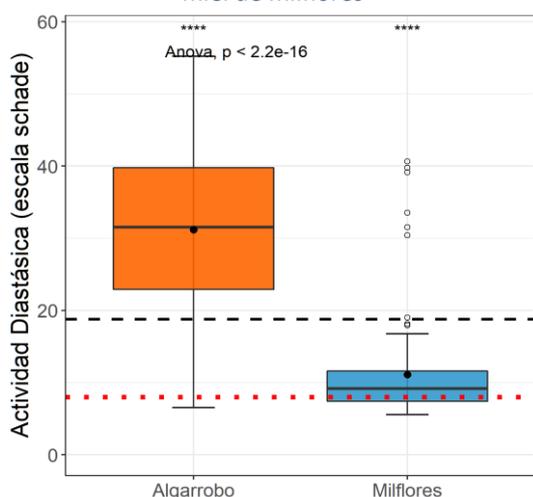


Figura 6.93. Actividad diastásica (escala Schade). Miel de algarrobo vs miel de milflores

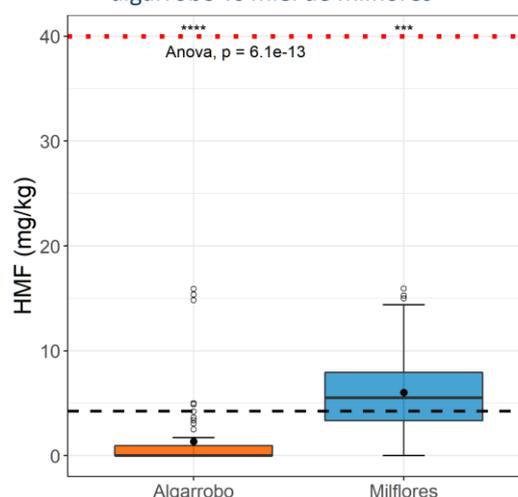


Figura 6.94. Contenido en HMF (mg/kg). Miel de algarrobo vs miel de milflores

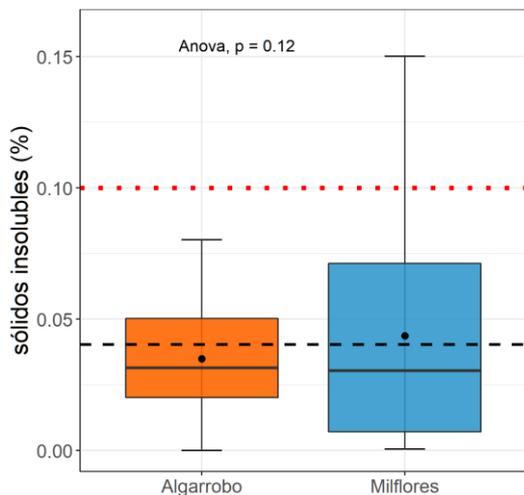


Figura 6.95. Contenido en sólidos insolubles (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

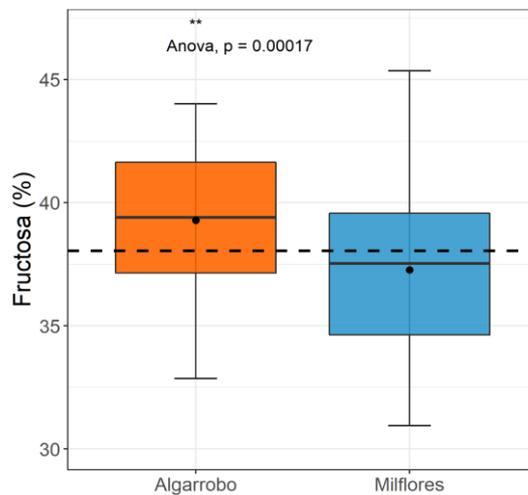


Figura 6.96. Contenido en fructosa (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

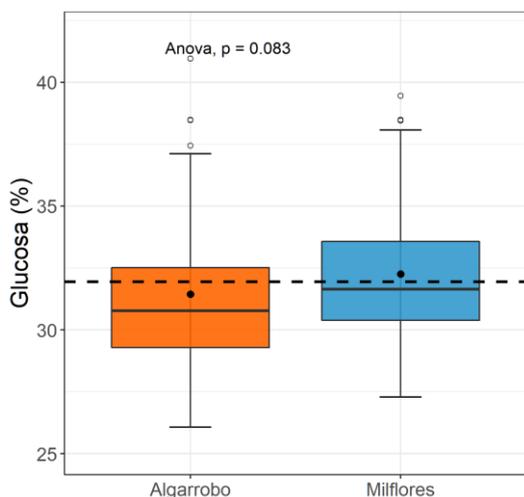


Figura 6.97. Contenido en glucosa (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

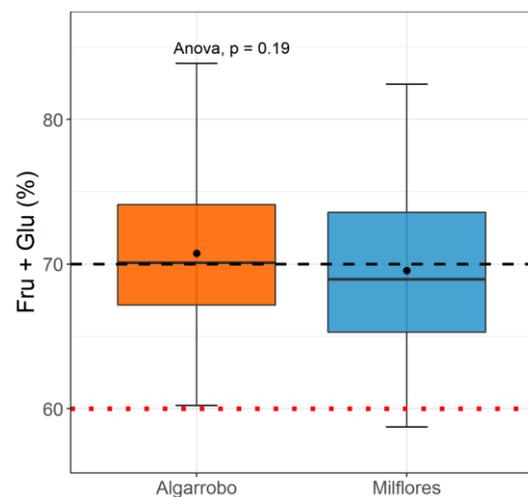


Figura 6.98. Contenido en fructosa + glucosa (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

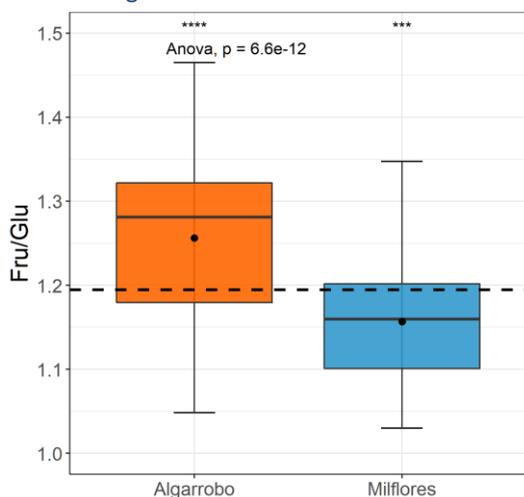


Figura 6.99. Ratio fructosa/glucosa. Miel de algarrobo vs miel de milflores

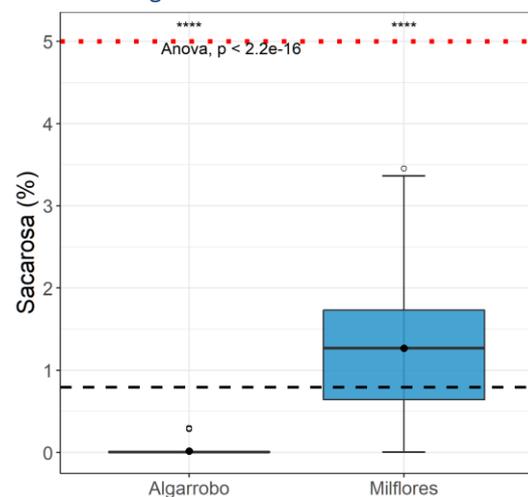


Figura 6.100. Contenido en sacarosa (%). Miel de algarrobo vs miel de milflores

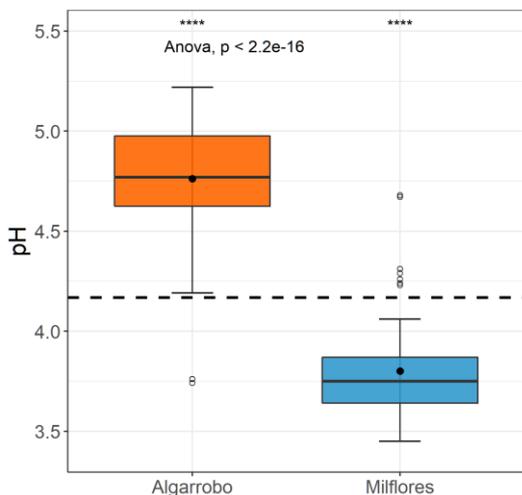


Figura 6.101. pH. Miel de algarrobo vs miel de milflores

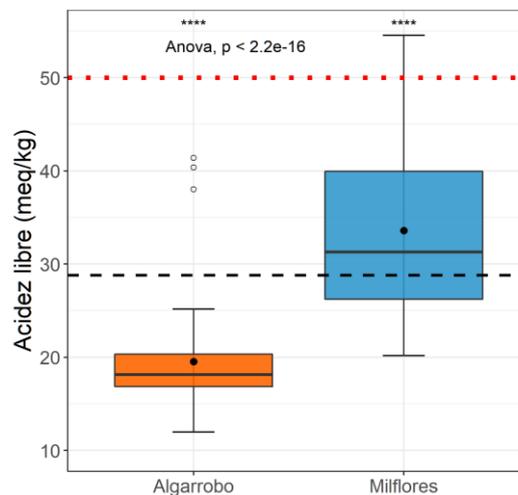


Figura 6.102. Acidez libre (meq/kg). Miel de algarrobo vs miel de milflores

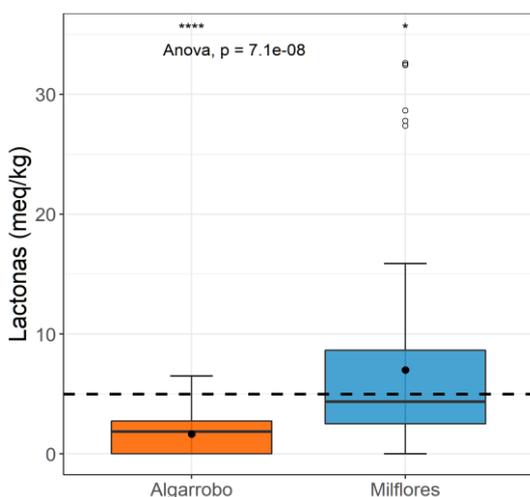


Figura 6.103. Contenido en lactonas (meq/kg). Miel de algarrobo vs miel de milflores

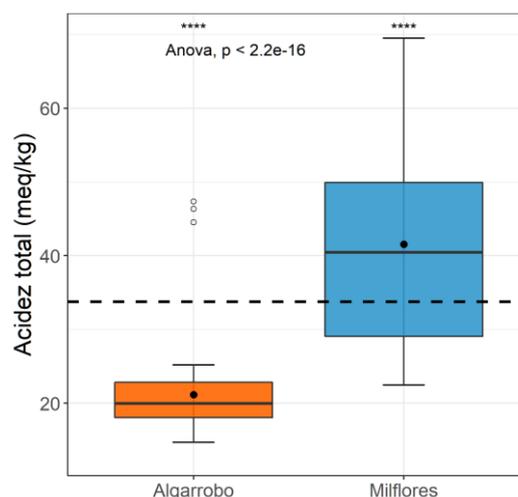


Figura 6.104. Acidez total (meq/kg). Miel de algarrobo vs miel de milflores

Para proceder a realizar un análisis estadístico multivariable, se descartaron las variables que no presentaron diferencias significativas (contenidos en sólidos insolubles, glucosa y en la suma de fructosa + glucosa) entre ambos grupos de muestras (miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca de milflores).

Con el resto de variables (13 variables) se elaboró la matriz de correlaciones que se muestra en la Figura 6.105. Se han indicado en color rojo las correlaciones positivas entre variables, con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a 1, y en color verde, las correlaciones negativas con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a -1.

Como puede observarse en dicha figura (Figura 6.105), se han obtenido numerosas correlaciones entre las variables (algunas variables se encuentran en más de un grupo), siendo las más elevadas (>0.6), las obtenidas entre los siguientes grupos:

- Humedad y actividad de agua (positiva)
- Actividad de agua y actividad diastásica (positiva) y contenido en sacarosa (negativa)
- Actividad diastásica, conductividad eléctrica y pH (positivas)
- Conductividad eléctrica y ratio fructosa/glucosa y color (positivas)
- pH y contenido en sacarosa, acidez libre y acidez total (negativas)
- Contenido en sacarosa con la acidez libre (positiva)
- Acidez libre y acidez total e HMF (positivas)
- Contenido en lactonas y acidez total (positiva)
- El contenido en fructosa no se correlacionó de manera importante con ninguna otra variable.

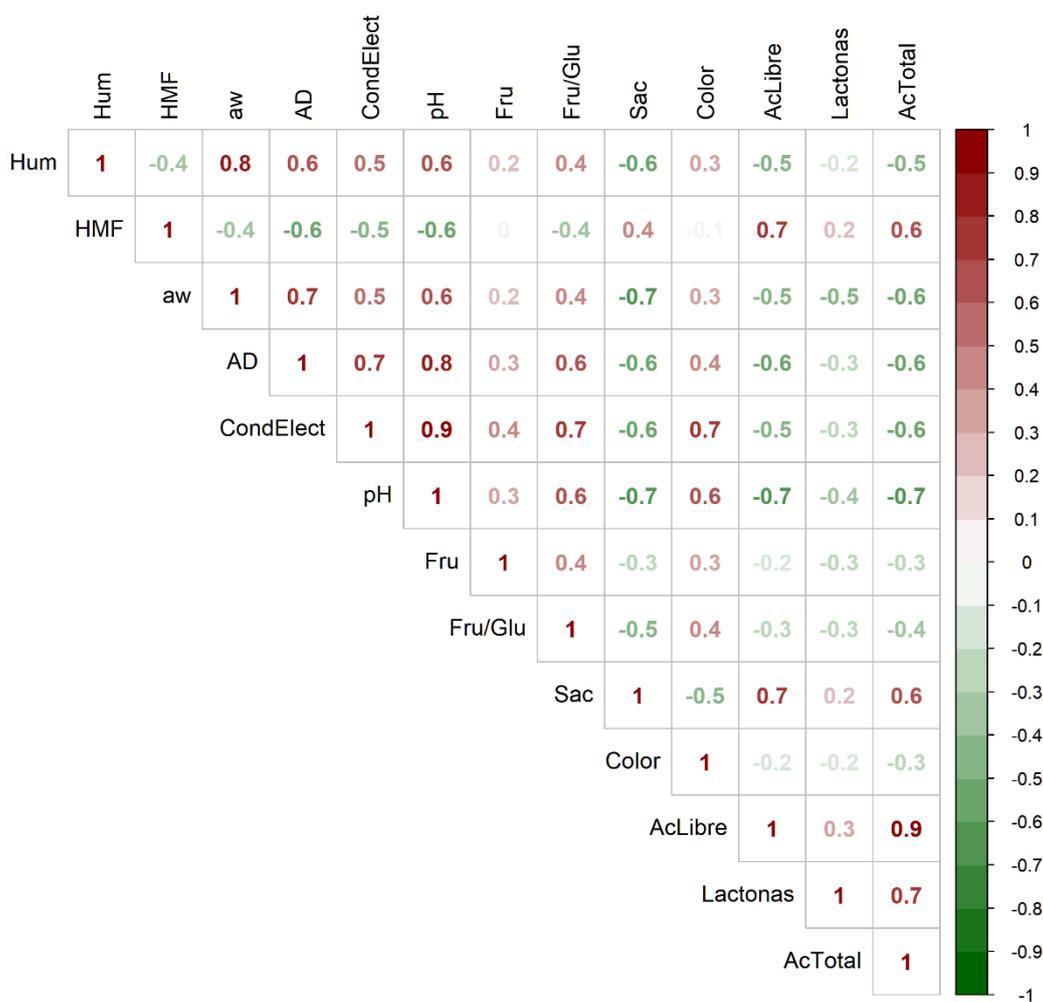


Figura 6.105. Matriz de correlaciones. Variables físico-químicas en las muestras de miel de Mallorca de algarrobo y milflores

6.5.1 Comparación mediante análisis estadístico multivariable

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis de componentes principales (ACP). A partir del conjunto de las 16 variables estudiadas, se descartaron aquellas 3 que no presentaron diferencias significativas entre ambos conjuntos de muestras (miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores). De acuerdo con

la matriz de correlaciones, existen importantes correlaciones entre las variables, por lo que se redujo el número de variables para el ACP eliminando las que estaban excesivamente correlacionadas con otras, y manteniendo preferentemente aquellas que están descritas en la norma de la miel.

Así, el ACP se realizó con 7 variables: **contenido en humedad, color, conductividad eléctrica, actividad diastásica, contenido en HMF, contenido en fructosa y acidez libre.**

Dicho análisis se llevó a cabo utilizando la función PCA del paquete de R FactoMineR, escalando previamente las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen la misma desviación estándar, por lo tanto, todas las variables tienen el mismo peso.

En la Tabla 6.11 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales y la Figura 6.106 muestra la contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). La línea roja discontinua indica el valor medio de contribución. Como puede observarse, las variables actividad diastásica, conductividad eléctrica, acidez libre y humedad presentaron, por orden, coeficientes elevados en el primer componente principal, mientras que, en el segundo, las variables con mayor contribución fueron las variables color, y contenidos en HMF y fructosa.

Tabla 6.11. ACP. Coeficientes de los tres primeros componentes principales. Muestras miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores.

	Dim1	Dim2	Dim3
Hum	0.727	-0.127	0.100
HMF	-0.663	0.602	0.081
AD	0.870	-0.081	0.074
CondElect	0.860	0.254	-0.251
Fru	0.439	0.559	0.670
Color	0.558	0.635	-0.470
AcLibre	-0.777	0.329	-0.130

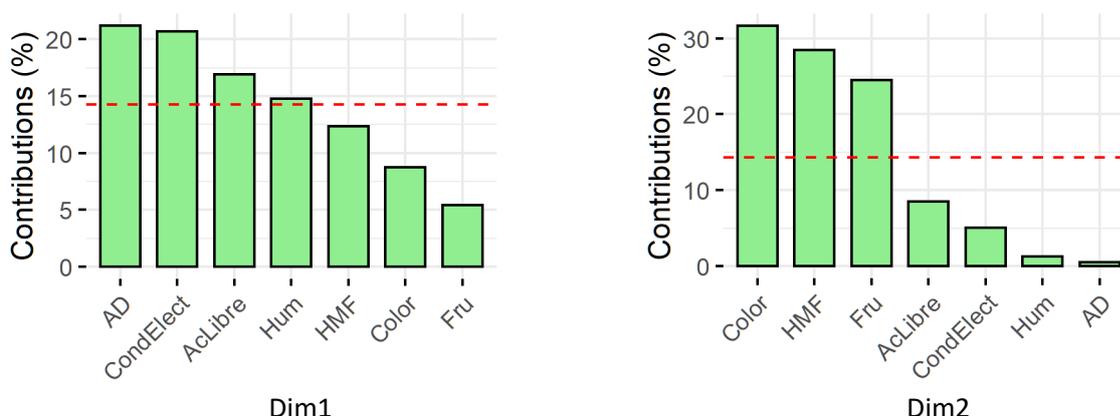


Figura 6.106. Contribución de cada variable a los dos primeros componentes principales (Dim1 y Dim2). ACP. Muestras miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores

En la Tabla 6.12 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los 7 componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 51.0 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 18.2 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 69 % de la varianza. La Figura 6.107 muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal mediante un scree plot (función fviz_sceerplot del paquete factoextra de R). Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 80 % de la varianza.

Tabla 6.12. ACP. Porcentaje de varianza explicada por los 7 componentes principales.

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	% Varianza Explicada Acumulada
1	3.57	51.0	51.0
2	1.27	18.2	69.2
3	0.77	11.0	80.2
4	0.60	8.6	88.8
5	0.36	5.2	94.0
6	0.23	3.3	97.3
7	0.19	2.7	100.0

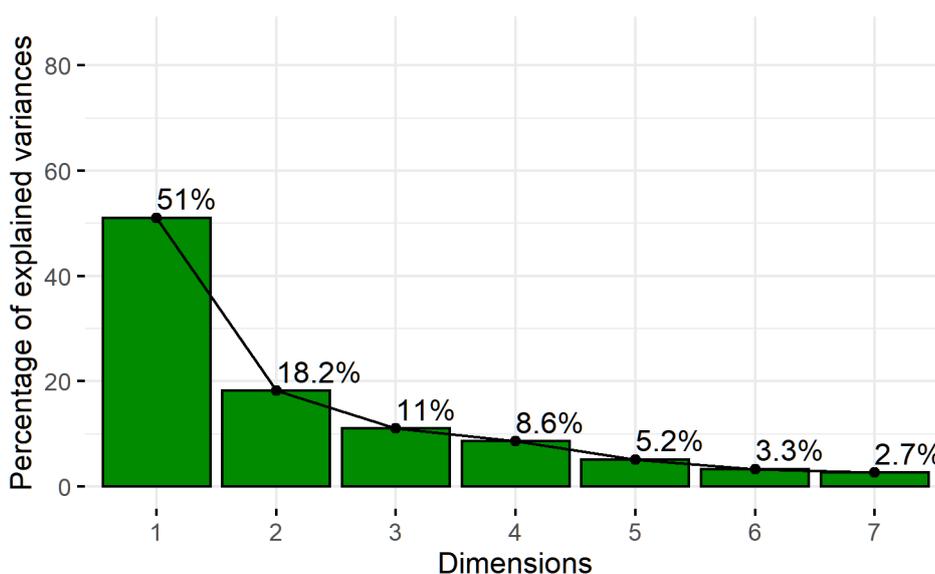


Figura 6.107. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores.

En la Figura 6.108 se representan las variables en el espacio Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos

Se observa como las variables contenido en fructosa, color, conductividad eléctrica, actividad diastásica y contenido en humedad se localizan en la parte positiva del primer componente principal, la mayoría (excepto la humedad) hacia la parte positiva del segundo componente principal (cuadrante I). La actividad diastásica se localiza prácticamente sobre el eje horizontal mostrando su prácticamente nula contribución a Dim2. En cuanto a las variables contenido en HMF y acidez libre se localizan hacia valores negativos de Dim1 y positivos de Dim2 (cuadrante II).

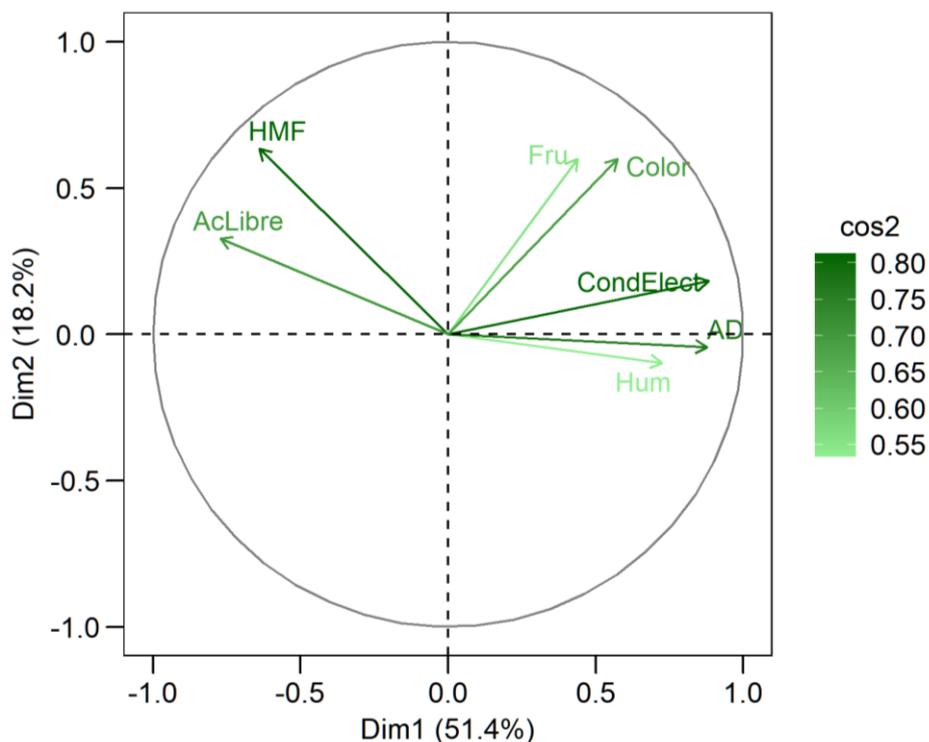


Figura 6.108. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores.

En la Figura 6.109 se representan las variables y las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra).

Con respecto a las muestras, en la Figura 6.109 puntuaciones próximas representan observaciones de similares características. Además, la relación de las muestras con las variables se puede estudiar proyectando las observaciones sobre la dirección de los vectores.

En la Figura 6.109 se puede observar que cuando se representan las muestras de miel de Mallorca en el espacio formado por el primer (Dim1) y segundo (Dim2) componentes principales, la mayoría se agrupan en diferentes zonas según su tipo. Las muestras de miel de Mallorca de algarrobo se concentran en el I y IV

cuadrante (lado positivo del primer componente principal) excepto una muestra, mientras que las de miel de Mallorca de milflores se localizan en la parte negativa del eje Dim1 (cuadrantes II y III), salvo 2 muestras que se localizan mezcladas con el primer grupo.

Las dos muestras de miel milflores que se localizan junto al grupo de muestras de miel de algarrobo son muestras de otoño (como la mayoría de muestras de miel de algarrobo), una de ellas con un 38 % de polen de algarrobo, y la otra con un 36 % de polen de brezo de invierno y un 23 % de polen de algarrobo. Por otro lado, la muestra de miel de algarrobo localizada en el II cuadrante cerca de las muestras de miel milflores es una muestra de miel de primavera con un 49 % de polen de algarrobo y un 17 % de polen de brezo xipell.

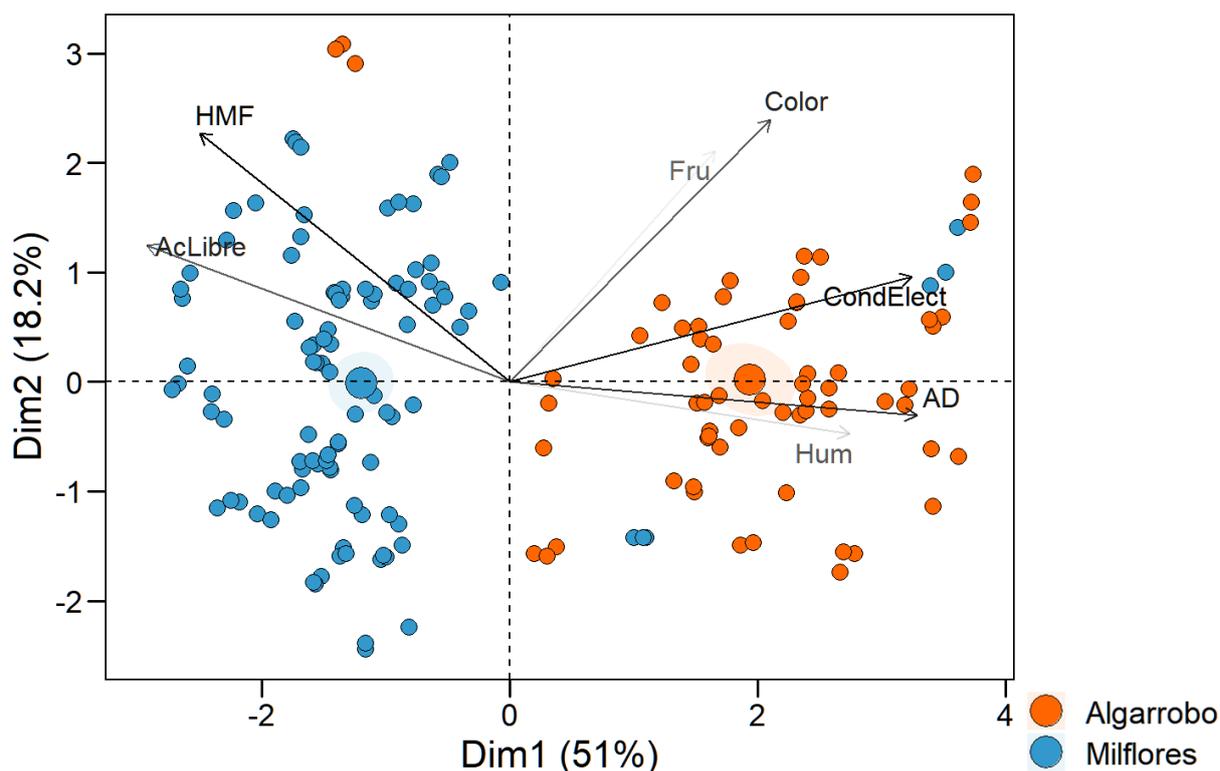


Figura 6.109. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras miel de Mallorca de algarrobo y miel de Mallorca milflores.

Por lo tanto, mediante el ACP se puede concluir que el mayor porcentaje de varianza explicada entre ambos grupos de muestras (51.0 %) corresponde al primer componente principal (Dim1), y que este componente permite diferenciar claramente entre la mayoría de muestras de miel de Mallorca de algarrobo y las de miel de Mallorca milflores. Si bien la contribución de diferentes variables a este componente es alta, destacan las variables conductividad eléctrica, actividad diastásica, y contenido en humedad (valores positivos) y acidez libre (valores negativos). Por tanto, las muestras de miel de Mallorca de algarrobo tendrán valores elevados de conductividad eléctrica, actividad diastásica y contenido en humedad y una baja acidez libre.

Del mismo modo, la miel de Mallorca milflores presentará valores bajos de conductividad eléctrica, actividad diastásica y humedad, y mayor acidez libre.

6.6 Caracterización sensorial de la miel de Mallorca

Se ha llevado a cabo la descripción sensorial de la miel de Mallorca de otoño y de primavera:

Miel de Mallorca de otoño

- Consistencia pastosa con elevada viscosidad, tendencia a la cristalización media/alta y con grano fino y de tamaño homogéneo
- Color entre ámbar y ámbar oscuro, con tonos marrones rojizos
- Aroma intenso a algarroba, a brezo, tomillo y/o madera, con notas de regaliz y café (toffee), con ligero carácter astringente, persistente en boca
- Gusto muy dulce, ligeramente salado y con un punto de amargor.

Miel de Mallorca de primavera

- Consistencia fluida con viscosidad media, tendencia a la cristalización media y con grano fino
- Color entre extra blanco y ámbar, con tonos dorados
- Aroma floral variado, cítricos, azahar, almendro e incluso trébol.
- Gusto dulce y equilibrado.

7 CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. Las características sensoriales de las mieles de Mallorca se diferencian en función de su período de producción
 - a. La Miel de Mallorca de otoño presenta una consistencia pastosa con elevada viscosidad, tendencia a la cristalización media/alta y en grano fino y de tamaño homogéneo. Su color está entre ámbar y ámbar oscuro, con tonos marrones rojizos. El aroma es intenso a algarroba, brezo, tomillo y/o madera, con notas de regaliz y café (toffee), con ligero carácter astringente y persistente en boca. En cuanto al gusto, es muy dulce, ligeramente salado y con un punto de amargor.
 - b. La Miel de Mallorca de primavera es de consistencia fluida con viscosidad media, tiene tendencia a la cristalización media y es de grano fino. Su color se sitúa entre extra blanco y ámbar, con tonos dorados. Presenta un aroma floral variado: cítricos, azahar, almendro e incluso trébol y un gusto dulce y equilibrado.
2. Las características físico-químicas de las mieles de Mallorca no parecen depender de la localización de los apiarios dentro de la isla.
3. La miel de Mallorca se puede agrupar en dos tipos mayoritarios de mieles en función de su perfil polínico y características físico-químicas:

- Miel de algarrobo, recogida principalmente en otoño, que presenta tonos entre ámbar claro y ámbar oscuro, con un elevado contenido en humedad, altas conductividad eléctrica y actividad diastásica y baja acidez.
- Miel multifloral o milflores, recogida principalmente en primavera, con tonos claros, entre blanco y ámbar, con menor contenido en humedad, conductividad eléctrica y actividad diastásica, mayor acidez libre.

8 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo financiero del *Fons de Garantia Agrària i Pesquera de les Illes Balears* (FOGAIBA) y a la *Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació* de la CAIB (proyecto BIA04/20), así como también, a la Asociación Balear de Apicultores (ABA), a la *Associació de la Producció Agrària Ecològica* (APAEMA) y a la *Agrupació de defensa de l'abella autóctona mallorquina* (ESMEL) por su colaboración en el proyecto.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., & Hannan, M. A. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 618–625. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
- Alves, A., Ramos, A., Gonçalves, M. M., Bernardo, M., & Mendes, B. (2013). Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.009>
- AOAC Official Method. (1998a). AOAC 958.09 Diastatic Activity of Honey. *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (1998b). AOAC 962.19 Acidity (Free, Lactone, and Total of Honey). *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (1998c). AOAC 969.38 Moisture in Honey. *AOAC International*.
- AOAC Official Method. (1998d). AOAC 980.23 Hydroxymethylfurfural in Honey. *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (2006). AOAC 977.20 Separation of sugars in honey. *AOAC International*, 6(6), 3–4.
- Arnold, J. B. (2021). *Extra Themes, Scales and Geoms for "ggplot2."*
- Belay, A., Solomon, W. K., Bultossa, G., Adgaba, N., & Melaku, S. (2013). Physicochemical properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141(4), 3386–3392. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.06.035>

- BEUCHAT, L. R. (1983). Influence of Water Activity on Growth, Metabolic Activities and Survival of Yeasts and Molds. *Journal of Food Protection*, 46(2), 135–141. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-46.2.135>
- BOE núm. 145. (1986). ORDEN de 12 de junio de 1986. por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis para la miel. *Boletín Oficial Del Estado*, (145), 22195–22202. Retrieved from <https://boe.es/boe/dias/1986/06/18/pdfs/A22195-22202.pdf>
- Bogdanov, S. (2009). Harmonised Methods of the International IHC. *Bee Product Science*, (5), 1–62.
- Boi, M., Llorens, J. A., Cortés, L., Lladó, G., & Llorens, L. (2013). Palynological and chemical volatile components of typically autumnal honeys of the western Mediterranean. *Grana*, 52(2), 93–105. <https://doi.org/10.1080/00173134.2012.744774>
- Ciulu, M., Solinas, S., Floris, I., Panzanelli, A., Pilo, M. I., Piu, P. C., ... Sanna, G. (2011). RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, 83(3), 924–929. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>
- Codex Alimentario. (2019). Norma para la miel. *Comisión Del Codex Alimentarius*, 1–9.
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity file:///C:/Users/uib/Downloads/1-s2.0-S0308814610004218-main.pdf. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- de Sousa, J. M. B., de Souza, E. L., Marques, G., Benassi, M. de T., Gullón, B., Pintado, M. M., & Magnani, M. (2016). Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 645–651. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.058>
- DIRECTIVA 2001/110/CE. (2014). DIRECTIVA 2001/110/CE DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 2001 relativa a la miel. *Diario Oficial de Las Comunidades Europeas*, 13, 1–46.
- DOUE. (2014). DIRECTIVA 2014/63/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de mayo de 2014 por la que se modifica la Directiva 2001/110/CE relativa a la miel No Title.
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., & Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>
- Escuredo, O., Fernández González, M., & Seijo, C. (2012). Differentiation of blossom honey and honeydew honey from northwest Spain. *Agriculture*, 2(1), 25–37. <https://doi.org/10.3390/agriculture2010025>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2018). Nonparametric Regression in R. An Appendix to An R Companion to Applied Regression, third edition. In *An R Companion to Applied Regression, third edition*.
- Gámbaro, A., Ares, G., Giménez, A., & Pahor, S. (2007). Preference mapping of color of Uruguayan honeys. *Journal of Sensory Studies*, 22(5). <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00125.x>
- Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., & Gebresilassie, A. (2021). Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (*Meliponula beccarii*) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05875. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05875>
- Gleiter, R. A., Horn, H., & Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96(3), 441–445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.051>
- Kahraman, T., Buyukunal, S. K., Vural, A., & Altunatmaz, S. S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123(1). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.123>

- Karabagias, I. K., Vavoura, M. V., Nikolaou, C., Badeka, A. V., Kontakos, S., & Kontominas, M. G. (2014). Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.015>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Package Version 1.0.7. *R Package Version*.
- Khan, Z. S., Khan, I. A., Naik, H. R., & Bhat, M. S. (2015). Kinetic studies on anti-oxidant activity vis-à-vis colour in two Kashmir honeys. *Applied Biological Research*, 17(1). <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00003.8>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR. *Journal of Statistical Software*.
- Moreira, R. F. A., De Maria, C. A. B., Pietrolungo, M., & Trugo, L. C. (2007). Chemical changes in the non-volatile fraction of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. *Food Chemistry*, 104(3). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.055>
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., & Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>
- Pontes, M., Marques, J. C., & Câmara, J. S. (2007). Screening of volatile composition from Portuguese multifloral honeys using headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-quadrupole mass spectrometry. *Talanta*, 74(1), 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.05.037>
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*.
- Ramón-Sierra, J. M., Ruiz-Ruiz, J. C., & De La Luz Ortiz-Vázquez, E. (2015). Electrophoresis characterisation of protein as a method to establish the entomological origin of stingless bee honeys. *Food Chemistry*, 183, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.015>
- Sak-Bosnar, M., & Sakač, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.006>
- Saxena, S., Gautam, S., & Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>
- Solayman, M., Islam, M. A., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M. I., Alam, N., & Gan, S. H. (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 219–233. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12182>
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., ... Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.042>
- Tuberoso, C. I. G., Bifulco, E., Caboni, P., Sarais, G., Cottiglia, F., & Floris, I. (2011). Lumichrome and phenyllactic acid as chemical markers of thistle (*Galactites tomentosa* Moench) honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(1). <https://doi.org/10.1021/jf1039074>
- Wei, T., & Simko, V. (2016). The corrplot package. *R Core Team*.
- Wickham, H. (2017). ggplot2 - Elegant Graphics for Data Analysis | Hadley Wickham | Springer. In *Springer Science & Business Media*.

- 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). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.014>
- Wu, J., Duan, Y., Gao, Z., Yang, X., Zhao, D., Gao, J., ... Wang, S. (2020). Quality comparison of multifloral honeys produced by *Apis cerana cerana*, *Apis dorsata* and *Lepidotrigona flavibasis*. *Lwt*, 134(April), 110225. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110225>
- Wuertz, D., Setz, T., Chalabi, Y., & Maechler, M. (2020). *Rmetrics - Markets and Basic Statistics*.
- Yücel, Y., & Sultanoglu, P. (2012). Determination of industrial pollution effects on citrus honeys with chemometric approach. *Food Chemistry*, 135(1). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.061>

10 Anexos

Anexo I. Protocolo de recogida de miel de otoño/primavera.

PROTOCOL DE RECOLLIDA DE MEL DE TARDOR/PRIMAVERA

(PROJECTE DE CARACTERITZACIÓ DE MELS DE MALLORCA)

Els socis i sòcies d'ABA, d'APAEMA i de l'agrupació "És Mel" interessats en participar en el projecte "Caracterització de les mels de Mallorca" concedit per la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la CAIB, aportant mostres de mels de tardor/primavera de diferents indrets de l'illa de Mallorca per que puguin ser estudiades per membres de l'Àrea d'Enginyeria Química del Departament de Química de la UIB, s'hauran de comprometre a seguir el següent protocol de producció, extracció i envasat:

- Elegir de 3 a 5 caseres d'un o de varis apiaris (depenent de la disponibilitat de la persona) d'indrets diferents de l'illa, que tinguin una quantitat de cria suficient per assegurar que la casera tindrà la capacitat de recollir mel durant la tardor d'enguany.
- Durant la primera quinzena d'octubre/primera quinzena abril, retirar totes les mitges-alces i alces que hi hagi damunt el cos de cria en aquestes caseres elegides per a participar en el projecte. Seguidament, s'hi haurà de col·locar una mitja-alça buida (sense cap rastre de mel) i amb la cera estirada a cada casera que participi al projecte. Aquestes alces on es farà la recollida de mel del projecte s'hauran d'identificar amb un marcatge extern fàcilment visible que permeti la seva traçabilitat.
- S'afegiran tantes mitges-alces buides i amb cera estirada com siguin necessàries per a seguir recollint la mel de tardor/primavera fins a la primera quinzena de desembre/ primera quinzena de juny, moment en que es procedirà a l'extracció de la mel d'una o vàries caseres de les elegides per participar al projecte dins cada apiari, a elecció de l'apicultor/a.
- Una setmana abans del dia de col·locació de les primeres mitges-alces buides (durant la primera quinzena d'octubre/primera quinzena de abril) serà obligatòria la retirada de qualsevol tipus d'alimentació artificial, medicament veterinari o altres substàncies oloroses de dins les caseres elegides per a participar en el projecte, en cas que n'hi hagi. L'ús d'aquests productes quedarà prohibit durant tot el procés de recollida de la mel de tardor/primavera (des de la primera quinzena d'octubre/abril fins a la primera quinzena de desembre/juny).
- Emplenar una enquesta on aportarà informació sobre la localització i l'entorn de l'apiari o apiaris elegits per a participar en el projecte, així com del procés de producció, extracció i envasat de la mel de tardor/primavera als investigadors de la UIB que duen a terme les analítiques.

- Aportar una mostra de 500 g de la mel de tardor/primavera produïda a les caseres elegides per a participar al projecte per a que sigui analitzada a la UIB en acabar el procés d'envasat i a fer-ho en condicions òptimes d'higiene i humitat. No es permetrà l'escalfament de la mel per cap motiu i en cas que hagi cristal·litzat durant la maduració, es mantindrà cristal·litzada per al seu estudi a la UIB.
- Acceptar la possible visita per assessorament o control en la metodologia per part d'un membre de l'equip investigador de la UIB a l'apiari elegit per a participar al projecte, en cas que aquest investigador ho sol·licités.
- Una mostra de mel de tardor/primavera d'un apiari es podrà descartar per al seu anàlisi per criteris tècnics o per incompliment de qualche punt d'aquest protocol.

Anexo II. Encuesta realizada a los elaboradores de miel de Mallorca.

ETIQUETA

ENQUESTA PELS PARTICIPANTS DEL "PROJECTE DE CARACTERITZACIÓ DE MELS DE MALLORCA I VINCLE AMB EL MEDI"

NOTA PER A L'APICULTOR/A: S'ha de respondre una enquesta per cada apiari que participi al projecte. Les preguntes s'han de contestar referint-se a les caseres seleccionades per a participar al projecte de "Caracterització de les mel de Mallorca":

1. Dades de contacte

- Nom i llinatges
- Telèfon i adreça electrònica
- Nombre de REGA

2. Localització de l'apiari:

- coordenades UTM (o polígon i parcel·la):
- localitat i municipi:

3. Descripció de l'entorn:

- Vegetació en 1 km de radi al voltant de les caseres (marcar amb una X):
 - Cultiu d'hort:
 - Cítrics:
 - Farratges (explica quins):
 - Cultiu de secà (garrovers/ametllers):
 - Cereals:
 - Jardins (urbanitzacions, zones residencials, hotels...):
 - Garriga i bosc:
 - Altres cultius (explica quins):
- Altitud sobre el nivell de la mar:
- Distància a la costa:

4. *Tipus de maneig:*

- Model de casera:
- Model d'alça i quantitat usada:
 - Alça (quantitat):
 - Mitja-alça (quantitat):
- Ús d'excluidor de reines:
- Tipus de tractament contra varroa utilitzat aquest any, si és el cas, i període d'aplicació:
- Tipus d'alimentació utilitzada aquest any, si és el cas, i període d'aplicació:
- Tipus de desabellat (marca amb una X):
 - Amb fumador
 - Amb raspall
 - Amb escapament
 - Amb bufador

5. *Estat sanitari de les caseres:*

- Has vist algun tipus de malaltia o predadors diferent de varroa a les caseres el darrer any?
- Quina (loque, micosi, Vespa velutina, abellarol, etc.)?
- Has fet servir algun tractament per a controlar-la? Quin i en quin període?

6. *Condicions d'extracció i envasat:*

- Tipus de sala d'extracció (marca amb una X):
 - Permanent
 - Temporal
 - A l'apiari (amb carpa)
- Tipus d'extracció (marca amb una X):
 - Amb centrífuga

- Per premsat
- Per degoteig
- Has utilitzat un deshumidificador dins la sala d'envasat per a controlar l'humitat de l'ambient?
- Has utilitzat calefacció per a controlar la temperatura de la sala d'envasat?
- Tipus de maduració (marca amb una X):
 - Depòsit madurador (amb filtre)
 - Maduració dins el pot de mel
- Quants dies ha madurat la mel abans d'envasar-la?

7. *Quants anys té la cera de les alces o mitges-alces que has utilitzat (marca amb una X)?*

- Entre 0 i 2 anys
- Entre 2 i 5 anys
- Entre 5 i 10 anys
- Més de 10 anys

8. Altres comentaris que vulguis fer del teu mètode de producció o manipulació de la mel que no s'hagin comentat a l'enquesta:

Anexo III. Taxones identificados en el polen de la miel de Mallorca

TAXÓN: Nombre vulgar en castellano, en catalán y nombre científico	FAMILIA
Achicoria, xicòria, <i>Cichorium intybus</i>	Compuestas, Asteráceas
Aguacate, <i>Persea americana</i>	Lauráceas
Ajo de culebra, porradell bord, <i>Allium</i> sp.	Liliáceas
Algarrobo, garrover, <i>Ceratonia siliqua</i>	Leguminosas, Fabáceas
Almendra, ametler, <i>Prunus dulcis</i>	Rosáceas
Altabaca, olivarda, <i>Inula viscosa</i>	Compuestas, Asteráceas
Azahar, taronger, <i>Citrus</i> sp.	Rutáceas
Borraja, borrajta, <i>Borago</i> sp.	Borragináceas
Brezo, cepell, <i>Erica multiflora</i>	Ericáceas
Bufalaga, bolaga, <i>Thymelaea</i> sp.	Timeleáceas
Cantueso, cap d'asn, <i>Lavandula stoechas</i>	Labiadas, Lamiáceas
Cardo corredor, panical, <i>Eryngium</i> sp.	Umbelíferas, Apiáceas
Cardos, cards, <i>Carduus</i> sp., <i>Galactites</i> sp., <i>Carlina</i> sp.	Compuestas, Asteráceas
Cerraja, llitsó, <i>Sonchus</i> sp.	Compuestas, Asteráceas
Chupamieles, llengua de bou, <i>Echium</i> sp.	Borragináceas
Ciprés, xiprer; enebro, ginebró; sabina, savina, <i>Cupressus</i> sp, <i>Juniperus</i> sp.	Cupresáceas, NO NECTARÍFERAS
Collejas, colís, <i>Silene</i> sp.	Cariofiláceas
Corregüela mayor, corretjola gran, <i>Calystegia</i> sp.	Convolvuláceas
Corregüela, corretjola, <i>Convolvulus</i> sp.	Convolvuláceas
Correquetepillo, corretjola, <i>Polygonum</i> sp.	Poligonáceas
Coscoja/encina, coscoll/alzina, <i>Quercus coccifera</i> / <i>Q. ilex</i>	Fagáceas, NO NECTARÍFERAS
Cuernecillos, trèvol groc, <i>Lotus</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Elementos de mielatos, melats, HDE (Honey Dew Elements)	Varias familias
Epilobio, epilobi, <i>Epilobium</i> sp.	Onagráceas
Escambrón/aladierno, arçots, <i>Rhamnus</i> sp.	Ramnáceas, NO NECTARÍFERAS
Esparraguera, esparguera, <i>Asparagus</i> sp.	Liliáceas
Estepas, jaras, <i>Cistus</i> sp., <i>Helianthemum</i> sp.	Cistáceas, NO NECTARÍFERAS
Eucalipto, <i>Eucalyptus</i> sp.	Mirtáceas
Frutales, fruiters, <i>Prunus</i> sp.	Rosáceas
Gamoncillo, cebollí, <i>Asphodelus phistulosus</i>	Liliáceas
Girasol, gira-sol, <i>Helianthus annuus</i>	Compuestas, Asteráceas
Gramíneas, gramínies	Gramíneas, Poáceas, NO NECTARÍFERAS
Gualdón, galda, <i>Reseda</i> sp.	Resedáceas
Hiedra, heura, <i>Hedera helix</i>	Araliáceas
Hierba de San Juan, pericó, <i>Hypericum</i> sp.	Hipericáceas, Clusiáceas
Hinojo, fonoll, <i>Foeniculum vulgare</i>	Umbelíferas, Apiáceas

Anexo III (continuación). Taxones identificados en el polen de la miel de Mallorca

TAXÓN:	
Nombre vulgar en castellano, en catalán y nombre científico	FAMILIA
Jaramago, ravenisses grogues, <i>Brassica</i> sp., <i>Sisymbrium</i> sp.	Crucíferas, Brasicáceas
Juncia, papir, <i>Cyperus</i> sp.	Ciperáceas
Lechetreznas, lleteres, <i>Euphorbia</i> sp.	Euforbiáceas
Llantén, plantatge, <i>Plantago</i> sp.	Plantagináceas, NO NECTARÍFERAS
Madroño, Arboç, <i>Arbutus unedo</i>	Ericáceas
Malva, <i>Malva</i> sp.	Malváceas
Menta/poleo	Labiadas, Lamiáceas
Mimosas, aromo, <i>Acacia</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Mirto/arrayán, murta, <i>Myrtus communis</i>	Mirtáceas
Nomeolvides, miosotis, <i>Myosotis</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Olivo, olivera, <i>Olea europaea</i>	Oleáceas, NO NECTARÍFERAS
Pamplinas, ballarines, <i>Hypecoum</i> sp.	Papaveráceas, NO NECTARÍFERAS
Pino, pí, <i>Pinus</i> sp.	Pináceas, NO NECTARÍFERAS
Rabaniza blanca, ravenissa blanca, <i>Diplotaxis</i> sp.	Crucíferas, Brasicáceas
Rapónchigo, campanetes, <i>Campanula</i> sp.	Campanuláceas
Romero, romaní, <i>Rosmarinus officinalis</i>	Labiadas, Lamiáceas
Salvia, sàlvia, <i>Salvia</i> sp.	Labiadas, Lamiáceas
Taray, atarfe, <i>Tamarix</i> sp.	Tamaricáceas
Tomillo, frígola, <i>Thymus</i> sp.	Labiadas, Lamiáceas
Trébol hediondo, trèvol pudent, <i>Psoralea</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Tréboles, trèvols, <i>Trifolium</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Veza, vecera, <i>Vicia</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Zarzas, esbarzers, <i>Rubus</i> sp.	Rosáceas

Anexo IV. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de otoño. Zonas: Llevant, Migjorn, Pla de Mallorca y Tramuntana Sud.

Zona	Plantas melíferas					Otras plantas poliníferas
	Mayoritario	%	Secundario	%	Otras	
LI	Brezo de invierno (cepell)	95	0	0	Madroño, algarrobo, asteráceas tipo altabaca	---
LI	Algarrobo	72	Altabaca	9	Cardo panical (Eryngium), esparraguera, brasicáceas, cardos.	---
LI	Brezo	49	Algarrobo	16	Altabaca 12%, bufalaga, mirtáceas, HDE, cardos.	0
LI	Algarrobo	81	0	0	Altabaca, rabanizas amarillas, esparraguera, zarza, leguminosas, otras asteráceas, HDE.	Olivo, estepa.
LI	Altabaca	50	Algarrobo	41	Esparraguera, tipo hiedra, otras asteráceas, brezo de invierno, HDE, rabanizas amarillas.	Cupresácea.
Mj	Algarrobo	88	0	0	Apiáceas, brasicáceas tipo rabanizas amarillas, altabaca.	---
Mj	Algarrobo	81	Altabaca	13	HDE, brezo (cepell), hiedra.	---
Mj	Algarrobo	48	Altabaca	26	Esparragueras, frutal tipo almendro, panical (Eryngium), otras apiáceas, HDE, leguminosas tipo meliloto/cuernecillos, otras leguminosas, collejas.	Tipo escambrón/aladiernos, estepas.
PM	Algarrobo	70	0	0	Altabaca, rosácea tipo zarza, tipo bufalaga, otras asteráceas, rabanizas amarillas, HDE, leguminosas, corregüela.	Encina/carrasca, estepa.
PM	Algarrobo	85	0	0	Hiedra, altabaca, esparraguera, tipo bufalaga, HDE, otras asteráceas, tipo tomillo, brezo (xipell).	Estepas, tipo Rhamnus.
PM	Algarrobo	19	Esparraguera	14	Leguminosas, cardos, rosáceas tipo zarza, apiáceas, mirtáceas tipo arrayán, rabaniza amarilla, bufalaga, altabaca, lechetreznas, ajo de culebra (Allcum), brezo (Xipell), HDE (numerosos, no contabilizados por baja conductividad eléctrica).	Estepas, gramíneas, encina/coscoja, escambrón/aladiernos, pinos.
TS	Brezo de invierno (cepell)	36	Algarrobo	23	Romero 12%, altabaca, hiedra, otras leguminosas	Estepas, cupresáceas.
TS	Brezo de invierno (cepell)	69	Algarrobo	25	Altabaca, hiedra, leguminosas, rosácea tipo zarza, lechetrezna.	---
TS	Algarrobo	38	HDE	26	Esparraguera 9%, brezo de invierno (cepell), altabaca, otras leguminosas, mirtáceas, cardos, apiáceas.	Estepa.

*la tabla se refiere a % sobre plantas nectaríferas

Anexo V. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de otoño. Zonas: Pla de Palma, Raiguer y Tramuntana Nord.

Zona	Plantas melíferas				Otras plantas poliníferas	
	Mayoritario	%	Secundario	%		
PP	Algarrobo	87	Brezo	5	Asterácea tipo altabaca, HDE, azahar, leguminosas, tipo salvia	Estepa
PP	Algarrobo	71	0	0	Rosácea tipo zarza, HDE, rabaniza blanca, altabaca, mirtácea.	---
R	Algarrobo	75	0	0	Brasicáceas tipo rabanizas amarillas, brezo (cepell), asterácea, lechetreznas, rosáceas tipo frutales y almendro.	---
R	Algarrobo	58	Brezo de invierno (xipell)	36	HDE, esparragueras, hiedra, leguminosas, asterácea tipo cerraja.	---
R	Algarrobo	71	0	0	Esparraguera, brezo (xipell), HDE, asterácea tipo girasol, otras asteráceas, rabaniza blanca, tipo bufalaga.	Gramínea.
R	Algarrobo	45	Brezo (cepell)	19	17%, esparraguera, rabaniza blanca, HDE, collejas, cardos, leguminosas.	Tipo encina/coscoja.
R	Algarrobo	63	Brezo de invierno (xipell)	35	Rabaniza blanca, esparraguera, mirtáceas tipo arrayán, HDE, otras ericáceas, hiedra.	---
R	Algarrobo	64	0	0	Esparragueras, zarzas, brezo (xipell), HDE, hiedra, rabaniza amarilla, leguminosas, romero, altabaca, malva.	---
TN	Algarrobo	54	Romero	21	Hiedra, otras leguminosas, HDE, mirtáceas tipo eucalipto, brezo de invierno (cepell).	Cupresácea.
TN	Algarrobo	70	0	0	Esparragueras, HDE, brezo (xipell), altabaca.	Olivo.
TN	Brezo(cepell)	31	Algarrobo	27	Romero 19%, hiedra, leguminosas, mirtáceas, lechetreznas.	Cupresáceas, tipo escambrón/aladiernos (Rhamnus), tipo encina/coscoja, llantén.
TN	Algarrobo	47	Brezo de invierno (xipell)	36	HDE, rosáceas, hiedra, liliáceas, leguminosas, labiada tipo tomillo y tipo romero.	Cupresácea, tipo encina/coscoja.
TN	Algarrobo	61	Brezo(cepell)	17	hiedra, leguminosas, lechetreznas, HDE.	Tipo aladiernos (Rhamnus), tipo encina/coscoja.
TN	Algarrobo	59	Brezo (cepell)	33	Esparraguera, romero, HDE, hiedra, bufalaga, leguminosas, altabaca, correquetepillo (Polygonum).	---

*la tabla se refiere a % sobre plantas nectaríferas

Anexo VI. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Pla de Palma.

Zona	Plantas melíferas				Otras plantas políferas	
	Mayoritario	%	Secundario	%		
PP	-	-	-	-	Brezo de invierno (xipell), zarza, almendro y otras rosáceas, cuernecillo (Lotus), mirtácea tipo arrayán/eucalipto, esparragueras, lechetreznas, asteráceas tipo cardo y altabaca, leguminosas tipo algarrobo y otras, laurácea, HDE, brasicáceas tipo jaramago, apiáceas.	Encina/coscoja, olivo, llantén, estepas.
PP	Almendro	29	romero/salvia	7	Algarrobo, veza y otras leguminosas, brasicáceas tipo caléndula/girasol y tipo altabaca, esparragueras, brasicáceas tipo jaramagos y rabanizas, hierba de san Juan (hipérico), HDE.	Tipo aladiernos (Rhamnus), estepas, llantén.
PP	Azahar	3	-	-	Mirtáceas tipo arrayán, rosáceas tipo almendro, frutal y zarza, labiada tipo tomillo, esparragueras, atarfe (Tamarix), brezo (xipell), romero/salvia, gamón (aubó, Asphodelus), cardos tipo Carlina y otros, altabaca, collejas, leguminosas tipo cuernecillos (Lotus), algarrobo (6 %) y otras, HDE, lechetreznas, brasicáceas tipo jaramagos y tipo rabanizas, gualda (Reseda), chupamieles (Echium), frutales.	Estepas, encina/coscoja, olivo, llantén, tipo aladiernos (Rhamnus).
PP	Esparragueras	8	laurácea tipo aguacate	7	Mirtáceas tipo arrayán, vezas, cuernecillo (Lotus), algarrobos, trébol hediondo (Psoralea) y otras leguminosas, brezo de invierno (xipell), brasicáceas tipo jaramagos y rabanizas, asteráceas tipo cardo, achicoria y altabaca, rosáceas tipo almendro y zarzas, lechetreznas, HDE, azahar, apiáceas, gamón (Asphodelus), corregüela, chupamieles (Echium).	Encina/coscoja, olivo, estepas, tipo aladiernos (Rhamnus), cupresácea (aerovagante), llantén, pino (aerovagante), acacia tipo mimosa.
PP	Algarrobo	23	Brezo (Xipell)	11	Rosácea tipo almendro 4%, jaramagos, lechetreznas, altabaca, leguminosas, bolaga, HDE, hiedra, esparragueras, cuernecillos (Lotus), nomeolvides (Myosotis), chupamieles (Echium), zarza, azahar, mirtácea, gamón.	Estepas, encina/coscoja, olivo, tipo escambrón/aladiernos (Rhamnus).
PP	Esparragueras	7	Mirtáceas	6	Cuernecillos (Lotus) 4%, rosácea tipo almendro 4%, algarrobo 3%, leguminosas tipo veza y otras, cardos, jaramagos y rabanizas, brezo (xipell), achicoria, chupamieles (Echium), azahar, corregüela, lechetreznas, apiáceas tipo hinojo, collejas.	Olivos, aroma (acacia tipo mimosa), tipo escambrón/aladiernos (Rhamnus), cupresáceas, estepas, encina/coscoja, llantén.
PP	Leguminosas	30	-	-	Achicoria, cardos, algarrobo, collejas, gualda, apiáceas, zarza, chupamieles (Echium).	Olivos, estepas, Rhamnus, llantén, encina/coscoja, cupresáceas, aroma (acacia tipo mimosa).
PP	Aguacate	29	Azahar	3	Leguminosas, esparragueras, cardos, HDE, gualda, nomeolvides (Myosotis), rabanizas, lechetreznas.	Encina/coscoja, estepas, olivo, llantén.
PP	Nomeolvides (Myosotis)	8	Esparragueras	7	Cardos 6%, zarza 5%, HDE, romero, rapónchigo, aguacate, leguminosas, almendro, algarrobo, veza, jaramagos, mirtáceas tipo arrayán, rabaniza, chupamieles (Echium).	Olivo, estepas, encina/coscoja, Rhamnus sp.

Anexo VII. Análisis melisopalínológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zonas: Raiguer y Pla de Mallorca.

Zona	Plantas melíferas				Otras plantas poliníferas	
	Mayoritario	%	Secundario	%		
R	Leguminosas	20	Algarrobo	17	Brezo 7%, jaramagos, cuernecillos (Lotus), zarza, frutal, lechetreznas, cardos, mirtáceas, almendro, esparraguera.	Olivo, encina/coscoja, estepas, llantén, Rhamnus sp., aroma (acacia tipo mimosa).
R	Algarrobo	23	Brezo	5	Otras leguminosas, cardos tipo Carlina, esparragueras, rabanizas, zarzas, apiáceas, mirtácea tipo arrayán, HDE, cuernecillos (Lotus), menta/poleo, lechetreznas.	Aroma (acacia tipo mimosa), olivo, estepas, encina/coscoja, llantén.
R	Algarrobo	14	-	-	Cuernecillos (Lotus) y otras leguminosas, azahar, brezo de invierno (xipell), mirtáceas tipo arrayán, brasicáceas tipo jaramago y tipo rabaniza, esparragueras, lechetreznas, asteráceas tipo cardos y tipo altabaca, rosáceas tipo zarzas y tipo almendro, bolaga (Thymelaea), nomeolvides (Myosotis), gualda (Reseda), HDE.	Olivo, encina/coscoja, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas, llantén, papaveráceas.
R	Zarzas	23	Leguminosas	18	Esparragueras 10%, cardos, mirtáceas tipo arrayán, cantueso, nomeolvides (Myosotis), HDE.	Olivo, encina/coscoja.
R	Leguminosas	31	Cuernecillos (Lotus)	4	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto, leguminosas tipo veza, lechetreznas, brasicáceas, ajo de culebra (Allium), zarza, nomeolvides (Myosotis), asteráceas tipo cardo, chupamieles (Echium), almendro, HDE, azahar, laurácea, apiácea, hierba de san Juan (Hypericum), malva.	Encina/coscoja, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas, aroma (acacia tipo mimosa), gramínea.
PM	-	-	-	-	Cuernecillo (Lotus) y otras leguminosas, almendro, esparragueras, zarzas, azahar, brasicáceas tipo rabaniza, chupamieles (Echium), asteráceas tipo cardo, HDE, nomeolvides (Myosotis).	Estepas, encina/coscoja, llantén.
PM	Leguminosas	29	Bolaga	16	Cardos 7%, lechetreznas, frutal, mirtácea tipo arrayán, HDE, cuernecillos (Lotus), rabanizas, nomeolvides (Myosoti), jaramagos, azahar, gualda, esparragueras, tipo cerrajas.	Estepas, olivo, tipo escambrón/aladiernos (Rhamnus), encina/coscoja, llantén, gramíneas (aerovagante).
PM	Rabanizas	48	Cardos	16	Cuernecillos (Lotus), jaramagos, leguminosas, lechetreznas.	Estepas, encina/coscoja, olivo, cupresáceas.

Anexo VIII. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Tramuntana Sud.

Zona	Plantas melíferas				Otras plantas poliníferas	
	Mayoritario	%	Secundario	%		
TS	-	-	-	-	Brezo de invierno (xipell), almendro, brasicáceas tipo jaramagos, leguminosas, esparragueras, HDE, zarzas, mirtácea tipo arrayán, ajo de culebra (Allium), apiáceas, lechetreznas.	Estepas, encina/coscoja, tipo aladiernos (Rhamnus), olivo, llantén, acacia tipo mimosa, pino (aerovagante).
TS	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	10	-	-	Leguminosas varias especies y algo de algarrobo, lechetreznas, asteráceas tipo cardo, chupamieles (Echium), rosáceas tipo almendro, frutal y zarza, HDE, apiáceas tipo hinojo y panical, esparragueras, brezo (xipell), cebollí (Asphodelus fistulosus), romero/salvia.	Encina/coscoja, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas.
TS	-	-	-	-	Almendro, azahar, mirtáceas tipo arrayán/eucalipto, esparragueras, HDE, asteráceas tipo cardo y otras, brasicáceas, lechetreznas, leguminosas, laurácea tipo aguacate, tipo rapónchigo, algarrobo, chupamieles (Echium), brezo (xipell).	Encina/coscoja, llantén, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas, cupresácea.
TS	Algarrobo	49	Brezo(Xipell)	17	Jaramagos, esparragueras, chupamieles (Echium), hiedra, frutal, leguminosas, azahar, lechetreznas.	Estepas, encina/coscoja, cupresácea.
TS	Brezo (Xipell)	32	Algarrobo	19	Otras leguminosas, romero, mirtáceas tipo arrayán, rosácea tipo almendro, rabanizas, HDE, juncia, cardos, trébol hediondo (Psoralea), jaramagos, esparragueras.	Estepas, encina/coscoja, olivo, escambrón/aladiernos (Rhamnus), llantén.
TS	Esparragueras	33	Leguminosas	31	Zarzas 14%, cardos 5%, cuernecillos (Lotus) 3%, azahar, algarrobo.	Estepas, encina/coscoja, olivo, Rhamnus sp.
TS	Algarrobo	43	Brezo(Xipell)	5	Leguminosas, esparragueras, collejas, aguacate, cardos, rabaniza, romero, correjüela menor, epilobio.	Olivo, Rhamnus sp., pino, estepa, encina/coscoja.
TS	Esparragueras	16	Cuernecillos (Lotus)	10	Brezo 8%, almendro 6%, algarrobo 6%, otras leguminosas, mirtácea tipo arrayán, cardos, lechetreznas, zarzas, cantueso, jaramagos.	Encina/coscoja, estepas, Rhamnus sp., gramíneas, aroma (acacia tipo mimosa).

Anexo IX. Análisis melisopolinológico de las mieles de Mallorca de primavera. Zona: Tramuntana Nord.

Zona	Plantas melíferas				Otras plantas poliníferas	
	Mayoritario	%	Secundario	%		
TN	-	-	-	-	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto, cuernecillos (Lotus), vezas, algarrobo y otras leguminosas (dominantes), brezo de invierno (xipell), asteráceas tipo cardos y tipo achicoria, chupamieles (Echium), esparragueras, zarzas y otras rosáceas tipo frutales, brasicáceas tipo rabaniza, borraja.	Olivo, estepa, encina/coscoja.
TN	-	-	-	-	Romero/salvia, leguminosas, rosáceas tipo zarzas, almendro y otros frutales, asteráceas tipo cardo, lechetreznas, esparraguera (A. acutifolius), HDE, brasicáceas tipo jaramagos, azahar, gamón (aubó, Asphodelus sp).	Encina/coscoja, llantén, estepas, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), gramínea (aerovagante).
TN	Nomeolvides (Myosotis)	14	-	-	Lechetreznas, brasicáceas tipo jaramagos y tipo rabanizas, HDE, leguminosas varias especies y poco algarrobo, asteráceas tipo cardo, mirtáceas tipo arrayán/eucalipto, zarzas, colleja, esparragueras, epilobio.	Encina/coscoja, olivo, estepas, tipo aladiernos (Rhamnus).
TN	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	40	-	-	Brasicáceas tipo jaramagos, chupamieles (Echium), leguminosas de varias especies, HDE, lechetreznas, asteráceas tipo cardo y tipo cerrajas, almendro, zarzas, esparragueras, laurácea tipo aguacate, azahar, hierba de san Juan (hipérico), collejas, brezo (xipell), escrofulariácea, corregüela.	Encina/coscoja, olivo, estepas, aroma (acacia tipo mimosa), llantén.
TN	Leguminosas de varias especies	23	Mirtáceas tipo arrayán/eucalipto	8	Algarrobo 3 %, zarzas, laurácea tipo aguacate 6 %, esparragueras 17 %, azahar, lechetreznas, corregüela, romero/salvia, HDE.	Encina/coscoja, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas.
TN	Leguminosas	33	Rabanizas	26	Veza 14%, jaramagos, brezo (xipell), cuernecillos (Lotus), azahar, algarrobo, esparragueras, cardos, achicoria, lechetreznas, nomeolvides (Myosotis), gualda.	Encina/coscoja, estepas.
TN	Azahar	10	Algarrobo	9	Esparragueras, leguminosas, cerrajas, corregüela menor, mirtácea tipo arrayán y tipo eucalipto, cuernecillos (Lotus), brezo (xipell), cardos, lechetreznas, HDE, veza, hiedra, asteráceas tipo altabaca, cerrajas.	Encina/coscoja, estepas, gramíneas, olivo, tipo escambrón/aladiernos (Rhamnus).
TN	Nomeolvides (Myosotis)	23	-	-	Mirtácea tipo arrayán y eucalipto, rosácea tipo frutal, algarrobo, otras leguminosas, cardos, rabanizas, esparragueras, HDE, hiedra, zarza, romero, azahar, jaramagos, menta/poleo, brezo.	Encina/coscoja, olivo, tipo aladiernos (Rhamnus), estepas, aroma (acacia tipo mimosa), gramínea.

Anexo X. Comunicación presentada al X Congreso Nacional de Apicultura

Análisis polínico en mieles de Mallorca

Pitarch Bielsa, Marta¹, Rayo Aguilar, Beatriz², Vergara, Juan Manuel², Eim Iznardo, Valeria², Simal Florindo, Susana², Rosselló Matas, Carmen²

¹ Pajuelo Consultores Apícolas S.L., C/ Sant Miquel, 14. 12004 Castellón. pitarchbielsam@gmail.com

² Universitat de les Illes Balears, Departamento de Química. Ctra. de Valldemossa, km 7.5, Palma, E-07122 Illes Balears.

Área de Biología, Polinización y Flora. Formato póster.

Introducción

Con el fin de caracterizar las mieles de la isla de Mallorca, se ha llevado a cabo un estudio polínico de las distintas mieles producidas por los apicultores de la zona.

Materiales y métodos

Se han recogido un total de 65 muestras. Para el análisis polínico se ha seguido la metodología descrita por Louveaux et al., 1978 reduciendo la centrifugación a 2500 rpm con el fin de evitar la ruptura de los granos de polen de romero, y sin acidular, para no perder los elementos de mielatos (HDE, *honey dew elements*).

Resultados

Tras realizar el análisis polínico de las muestras se identificaron 59 taxones, que se presentan a continuación:

TAXÓN: Nombre vulgar en castellano, en catalán y nombre científico	FAMILIA
Achicoria, xicòria, <i>Cichorium intybus</i>	Compuestas, Asteráceas
Aguacate, <i>Persea americana</i>	Lauráceas
Ajo de culebra, porradell bord, <i>Allium</i> sp.	Liliáceas
Algarrobo, garrover, <i>Ceratonia siliqua</i>	Leguminosas, Fabáceas
Almendro, ametler, <i>Prunus dulcis</i>	Rosáceas
Altabaca, olivarda, <i>Inula viscosa</i>	Compuestas, Asteráceas
Azahar, taronger, <i>Citrus</i> sp.	Rutáceas
Borraja, borratja, <i>Borago</i> sp.	Borragináceas
Brezo, cepell, <i>Erica multiflora</i>	Ericáceas
Bufalaga, bolaga, <i>Thymelaea</i> sp.	Timeleáceas
Cantueso, cap d'asn, <i>Lavandula stoechas</i>	Labiadas, Lamiáceas
Cardo corredor, panical, <i>Eryngium</i> sp.	Umbelíferas, Apiáceas
Cardos, cards, <i>Carduus</i> sp., <i>Galactites</i> sp., <i>Carlina</i> sp.	Compuestas, Asteráceas
Cerraja, llitsó, <i>Sonchus</i> sp.	Compuestas, Asteráceas
Chupamieles, llengua de bou, <i>Echium</i> sp.	Borragináceas
Ciprés, xiprer; enebro, ginebró; sabina, savina, <i>Cupressus</i> sp, <i>Juniperus</i> sp.	Cupresáceas, NO NECTARÍFERAS

Collejas, colís, <i>Silene</i> sp.	Cariofiláceas
Corregüela mayor, corretjola gran, <i>Calystegia</i> sp.	Convolvuláceas
Corregüela, corretjola, <i>Convolvulus</i> sp.	Convolvuláceas
Correquetepillo, corretjola, <i>Polygonum</i> sp.	Poligonáceas
Coscoja/encina, coscoll/alzina, <i>Quercus coccifera</i> /Q. <i>ilex</i>	Fagáceas, NO NECTARÍFERAS
Cuernecillos, trèvol groc, <i>Lotus</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Elementos de mielatos, melats, HDE (Honey Dew Elements)	Varias familias
Epilobio, epilobi, <i>Epilobium</i> sp.	Onagráceas
Escambrón/aladierno, arçots, <i>Rhamnus</i> sp.	Ramnáceas, NO NECTARÍFERAS
Esparraguera, esparguera, <i>Asparagus</i> sp.	Liliáceas
Estepas, jaras, <i>Cistus</i> sp., <i>Helianthemum</i> sp.	Cistáceas, NO NECTARÍFERAS
Eucalipto, <i>Eucalyptus</i> sp.	Mirtáceas
Frutales, fruiters, <i>Prunus</i> sp.	Rosáceas
Gamoncillo, cebollí, <i>Asphodelus phistulosus</i>	Liliáceas
Girasol, gira-sol, <i>Helianthus annuus</i>	Compuestas, Asteráceas
Gramíneas, gramínies	Gramíneas, Poáceas, NO NECTARÍFERAS
Gualdón, galda, <i>Reseda</i> sp.	Resedáceas
Hiedra, heura, <i>Hedera helix</i>	Araliáceas
Hierba de San Juan, pericó, <i>Hypericum</i> sp.	Hipericáceas, Clusiáceas
Hinojo, fonoll, <i>Foeniculum vulgare</i>	Umbelíferas, Apiáceas
Jaramago, ravenisses grogues, <i>Brassica</i> sp., <i>Sisymbrium</i> sp.	Crucíferas, Brasicáceas
Juncia, papir, <i>Cyperus</i> sp.	Ciperáceas
Lechetreznas, lleteres, <i>Euphorbia</i> sp.	Euforbiáceas
Llantén, plantatge, <i>Plantago</i> sp.	Plantagináceas, NO NECTARÍFERAS
Madroño, Arboç, <i>Arbutus unedo</i>	Ericáceas
Malva, <i>Malva</i> sp.	Malváceas
Menta/poleo	Labiadas, Lamiáceas
Mimosas, aromo, <i>Acacia</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Mirto/arrayán, murta, <i>Myrtus communis</i>	Mirtáceas
Nomeolvides, miosotis, <i>Myosotis</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Olivo, olivera, <i>Olea europaea</i>	Oleáceas, NO NECTARÍFERAS
Pamplinas, ballarines, <i>Hypecoum</i> sp.	Papaveráceas, NO NECTARÍFERAS
Pino, pí, <i>Pinus</i> sp.	Pináceas, NO NECTARÍFERAS
Rabaniza blanca, ravenissa blanca, <i>Diplotaxis</i> sp.	Crucíferas, Brasicáceas
Rapónchigo, campanetes, <i>Campanula</i> sp.	Campanuláceas
Romero, romaní, <i>Rosmarinus officinalis</i>	Labiadas, Lamiáceas
Salvia, sàlvia, <i>Salvia</i> sp.	Labiadas, Lamiáceas
Taray, atarfe, <i>Tamarix</i> sp.	Tamaricáceas
Tomillo, frígola, <i>Thymus</i> sp.	Labiadas, Lamiáceas
Trébol hediondo, trèvol pudent, <i>Psoralea</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Tréboles, trèvols, <i>Trifolium</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Veza, vecera, <i>Vicia</i> sp.	Leguminosas, Fabáceas
Zarzas, esbarzers, <i>Rubus</i> sp.	Rosáceas

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la *Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació* y el *FOGAIBA* a través del Proyecto BIA04/2020. Así como también, a la *Associació de la Producció Agrària Ecològica (APAEMA)*, *Agrupació de defensa de l'abella autóctona mallorquina (ESMEL)* y *Asociación Balear de Apicultores (ABA)*, por su colaboración en el proyecto.

Bibliografía

Louveaux, J., Maurizio, A. and Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59, 139-154.
<http://dx.doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>

Anexo XI. Propuesta de continuidad del proyecto

Para mejorar su competitividad, el sector apícola mallorquín necesita del reconocimiento de la calidad de la miel elaborada en Mallorca y, tal y como se ha indicado anteriormente, es necesario demostrar sus características diferenciales y su vinculación al territorio, así como reforzar su imagen de marca. Para conseguir este reconocimiento, es necesario proponer unos valores para dichos parámetros de modo que puedan ser incluidos en el pliego de condiciones de la propuesta de una miel de Mallorca reconocida con una DOP / IGP.

El proyecto *Caracterització de la mel de Mallorca i vincle amb el medi* (BIA04/20) se ha desarrollado con muestras de miel de Mallorca cosechadas en el año 2021. Los resultados obtenidos permitirán establecer unos valores límites para los parámetros físico-químicos de la miel de Mallorca. Sin embargo, el año 2021 ha sido un año de sequía y, tal vez, las muestras analizadas no son lo suficientemente representativas del producto. Por ello, se recomiendan dos vías para dar continuidad a este estudio:

1. **Contrato** a desarrollar durante el primer semestre de 2022, con el objetivo de conseguir un aval científico que justifique la alta conductividad de la miel de algarrobo (problema con el que ya se ha encontrado previamente el sector).
2. **Participación en la nueva Convocatoria: AJUDES PER A LA INVESTIGACIÓ APLICADA EN MATÈRIA D'AGRICULTURA, RAMADERIA I PESCA EN L'ÀMBIT DE LES ILLES BALEARS de 2022**, con el objetivo de ampliar el número de muestras analizadas en el desarrollo del proyecto *Caracterització de la mel de Mallorca i vincle amb el medi* BIA04/20 y reforzar las conclusiones extraídas.

Propuesta de contrato:

1. *Problema que se pretende resolver*

Boi y colaboradores⁶, en su trabajo sobre mieles mallorquinas, obtuvieron valores de conductividad eléctrica similares a los obtenidos en el presente estudio. En dicho trabajo se menciona que, si bien la alta conductividad se relaciona habitualmente con mieles de melaza de “*Ceratonia Siliqua*”, las muestras no se correspondían con las de esta tipología.

La conductividad eléctrica se relaciona con el origen botánico y con el entorno. La determinación del contenido en minerales, al ser Mallorca una isla de tierras bastante calcáreas, permitiría evaluar el efecto del entorno en la composición de la miel y tal vez encontrar la justificación a la alta conductividad de la miel de algarrobo de Mallorca.

2. *Objetivo*

Determinar el contenido de minerales para poder evaluar el efecto del entorno en la composición de la miel en vistas a encontrar la justificación a la alta conductividad de la miel de otoño en Mallorca.

3. *Duración del contrato*

La duración del proyecto será de 6 meses.

⁶ Boi, M., Llorens, J. A., Cortés, L., Lladó, G., & Llorens, L. (2013). Palynological and chemical volatile components of typically autumnal honeys of the western Mediterranean. *Grana*, 52(2), 93–105. <https://doi.org/10.1080/00173134.2012.744774>

4. Metodología de la investigación

El plan de trabajo, de acuerdo con el objetivo propuesto, es el siguiente:

Tarea 1: Revisión bibliográfica. Se pretende llevar a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica sobre estudios científicos recientes, relacionados con la temática del proyecto propuesto.

Tarea 2: Selección de muestras. Se utilizarán las muestras del proyecto *Caracterització de la mel de Mallorca i vincle amb el medi* (BIA04/20) que han sido tipificadas como miel de algarrobo.

Tarea 3. Determinación del contenido en minerales

Tarea 4. Evaluación de resultados y tratamiento estadístico

Tarea 5. Elaboración de un informe con los principales resultados y conclusiones obtenidas

Tarea 6. Difusión de los resultados y conclusiones

5. Grupo de investigadores e investigadoras responsables

Investigadora responsable:

Dra. Carmen Rosselló Matas, Catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Investigadores:

Dra. Susana Simal Florindo, Catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Dr A. Femenia Marroig. Catedrático de Ingeniería Química

Dra V. Eim Iznardo. Profesora Titular de Ingeniería Química

Dra M. Umaña. Investigadora contratada

Sra Beatriz Rayo. Técnico superior.

Sra C. Reche Landínez. Becaria predoctoral CAIB.

6. Presupuesto

PERSONAL	Salario y la cuota de la Seguridad Social del personal investigador de plantilla de la UIB y personal contratado	6000 €
MATERIAL FUNGIBLE		1200 €
COSTES INDIRECTOS 20% UIB		1800 €
Total (sin iva):		9000 €

Temas de interés para futuros estudios

- Estudio físico-químico, palinológico y organoléptico de las mieles monoflorales y multifloral de primavera de Mallorca.
- Estudio físico-químico, palinológico y organoléptico de las mieles monoflorales y multifloral de otoño de Mallorca.
- Creación de un archivo con las descripciones polínicas de todas las mieles recolectadas en Mallorca con el fin de tener una base de datos que permita diferenciar una miel mallorquina de primavera o de otoño de una miel foránea mediante su descripción polínica (pólenes dominantes, pólenes, pólenes acompañantes).
- Estudio de las características químicas de las mieles mallorquinas con el fin de encontrar características diferenciadoras que permitan su comercialización como producto diferenciado (contenido en biocompuestos, en minerales, etc.)
- Comparación de las características físico-químicas químicas de las mieles mallorquinas monoflorales con las equivalentes peninsulares de la misma tipología.