

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL I



ESTUDIO E INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION
Y EPOCA DE SIEGA, EN LA MEJORA DEL CULTIVO, DE PLANTAS
SELECTAS, DE *ORIGANUM VULGARE* L.

Tesis Doctoral presentada por Dña. Paloma Aldudo Martín
para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas

Autora

Tutora
Blanca Cifuentes Cuencas

Director
Fernando Muñoz López de Bustamante

Vº Bº Tutora

Vº Bº Director



a Mariano



ARCHIVO

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento al Dr. D. Fernando Muñoz López de Bustamante, director de este trabajo, mi maestro. Sus enseñanzas, constante orientación, estímulo, dedicación, confianza y apoyo han hecho posible no sólo la realización de esta Tesis, sino cuantos trabajos, en un futuro, pueda yo realizar.

A Dña. Carmen de Arana, por todo su cariño, aliento y oportuna colaboración a lo largo del trabajo experimental de esta Tesis; así como por lo muchos y muy buenos momentos que, junto a D. Fernando, pasé en el "invernadero".

Deseo agradecer al Dr. D. Rafael Díez-Barra el tiempo dedicado y su imprescindible y generosa colaboración en la realización del estudio estadístico, además del interés y preocupación que siempre ha mostrado por que este trabajo llegara a buen fin.

Mi gratitud al Dr. D. Jacobo Ruiz del Castillo y Navascués, por la amabilidad al dedicar su tiempo a la revisión y comentario de los originales, por su interés, valioso asesoramiento y siempre útiles aportaciones.

Agradezco al INIA la concesión de una beca predoctoral que ha posibilitado la realización de este trabajo.

Mi gratitud a la Dra. Dña. Blanca Cifuentes Cuencas, del Dpto. de Biología Vegetal I de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid, por haber aceptado la tutoría de esta Tesis y prestado su ayuda en todos los trámites burocráticos.

Al Jardín Botánico de Madrid, especialmente a los miembros de su Archivo y Biblioteca, gracias a las facilidades que me ofrecieron pude consultar sus fondos con el detenimiento necesario.

A la Dra. Dña. M^a Concepción García Vallejo, por su minucioso trabajo en la determinación de la composición química de los aceites esenciales y su inestimable ayuda en la obtención de información bibliográfica, especialmente en la fase final del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos del INIA, especialmente a la Dra. Dña. Elvira Conde, por su amistad, ánimo y su siempre buena predisposición a ayudar; a Concha Serrano, por su compañía y desinteresada ayuda durante los primeros años del trabajo experimental; a Jesús de Miguel, por la impecable y paciente labor cartográfica realizada.

Quiero dar las gracias a D. Juan Antonio Calvo, por su valiosa y desinteresada ayuda en la reprografía a color, sin la cual, esta Tesis hubiera tenido otro aspecto.

A Dña. Amparo Jiménez Albéniz, por su paciencia, ánimo y hospitalidad

durante los largos meses que duró la corrección y revisión de los originales.

Finalmente, debo un reconocimiento muy especial, tanto a mi madre, por su constante apoyo, comprensión y ánimo, como a Mariano, mi marido, por el apoyo, ayuda en la preparación de esta memoria, comprensión y cariño que siempre me ha dedicado.



Cultivo de *Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare*, a la izquierda, y subsp. *virens* (Hoffmannsegg et Link)I., a la derecha, en parcela experimental de la Casa de Campo, Madrid. (Fotografía: F. Muñoz)

INDICE

| | |
|---|----|
| 0. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS | 3 |
| I. ESTUDIO DEL OREGANO SILVESTRE | |
| 1. ESTUDIO DEL <i>ORIGANUM VULGARE</i> L. | 11 |
| 1.1 TAXONOMIA | 13 |
| 1.1.1 Encuadre taxonómico | 13 |
| 1.1.2 Etimología | 14 |
| 1.1.2.1 Nombres vernáculos en España | 15 |
| 1.1.2.2 Nombres vernáculos en otros países | 17 |
| 1.1.3 Toponimias | 19 |
| 1.1.3.1 En España | 19 |
| 1.1.3.2 En Hispanoamérica | 19 |
| 1.2 DESCRIPCION MORFOLOGICA | 21 |
| 1.2.1 De la especie <i>O. vulgare</i> L. | 21 |
| 1.2.1.1 Raíz | 21 |
| 1.2.1.2 Tallo | 24 |
| 1.2.1.3 Hojas | 24 |
| 1.2.1.4 Brácteas | 26 |
| 1.2.1.5 Inflorescencias | 27 |
| 1.2.1.6 Flores | 27 |
| 1.2.1.7 Ginodioecia | 28 |
| 1.2.1.8 Polinización | 30 |
| 1.2.1.9 Fenología | 30 |
| 1.2.1.10 Palinología | 31 |
| 1.2.1.11 Fruto | 33 |
| 1.2.1.12 Número cromosómico | 33 |
| 1.2.2 Subespecies: características sistemáticas diferencial | 33 |
| 1.2.3 Híbridos: descripción morfológica | 35 |
| 1.2.3.1 <i>Origanum x majoricum</i> Camb. | 35 |
| 1.2.3.2 <i>Origanum x applii</i> (Domin)Boros | 37 |
| 1.2.3.3 <i>O. vulgare</i> L. ssp. <i>vulgare</i> x <i>Thymus</i> spp. | 40 |
| 1.2.3.4 <i>O. syriacum</i> L. var <i>syriacum</i> x <i>O. vulgare</i> L. ssp. <i>vulgare</i> .. | 41 |
| 1.2.3.5 Otros híbridos | 42 |

| | |
|---|----|
| 1.2.4 Cultivares | 42 |
| 1.2.4.1 cv. "Aureum" | 43 |
| 1.2.4.2 cv. "Dr. Ietswaart" | 43 |
| 1.2.4.3 cv. "Humile" | 44 |
| 1.2.4.4 Otros cultivares | 44 |
| 1.3 CARACTERISTICAS FITOQUIMICAS | 45 |
| 1.3.1 Del aceite esencial | 45 |
| 1.3.2 De otros componentes | 48 |
| 1.4 ECOLOGIA | 51 |
| 1.4.1 Substrato y suelo | 51 |
| 1.4.2 Altitud | 52 |
| 1.4.3 Clima | 53 |
| 1.5 AREA GEOGRAFICA NATURAL | 55 |
| 1.5.1 Fuentes de información | 55 |
| 1.5.2 Organización de la información referent a las citas | 56 |
| 1.5.2.1 En territorio español | 57 |
| 1.5.2.2 En Portugal | 59 |
| 1.5.2.3 En el resto del mundo | 60 |
| 1.5.3 Estudio de los resultados | 61 |
| 1.5.3.1 Distribución mundial | 61 |
| 1.5.3.2 Distribución en España y Portugal | 63 |
| 1.5.4 Interés científco y práctico de este estudio | 65 |
| 1.6 PROPIEDADES Y APLICACIONES | 67 |
| 1.6.1 Antecedentes históricos | 67 |
| 1.6.2 Usos populares | 68 |
| 1.6.2.1 Usos condimentarios | 69 |
| 1.6.2.2 Usos melíferos | 71 |
| 1.6.2.3 Usos medicinales | 71 |
| 1.6.2.4 Usos tintóreos | 76 |
| 1.6.2.5 Usos ornamentales | 77 |
| 1.6.3 Interés actual | 77 |
| 1.6.3.1 Industria alimentaria | 78 |
| 1.6.3.2 Industria farmacéutica | 80 |
| 1.6.3.3 Industria perfumero-cosmética | 83 |
| 1.6.3.4 Industria fitosanitaria | 83 |
| 1.7 CONSUMO DEL OREGANO | 85 |
| 1.7.1 Mercados europeos | 86 |
| 1.7.2 Mercados americanos | 91 |
| 1.7.3 Otros mercados | 93 |
| 1.8 EVOLUCION DE LOS PRECIOS | 95 |
| 1.8.1 Para planta seca | 95 |
| 1.8.2 Para el aceite esencial | 98 |

II. ESTUDIO DEL OREGANO CULTIVADO

| | |
|--|-----|
| 2. PRODUCCION DEL OREGANO | 103 |
| 2.1 Métodos de multiplicación | 105 |
| 2.1.1 Por acodo | 105 |
| 2.1.2 Por división de piés | 106 |
| 2.1.3 Por esquejes | 106 |
| 2.1.4 Por semillas | 107 |
| 2.2 Desarrollo vegetativo de la semilla germinada | 111 |
| 2.3 Cultivo del orégano | 115 |
| 2.3.1 Transplante o plantación | 115 |
| 2.3.2 Espaciamiento | 115 |
| 2.3.3 Labores preparatorias del terreno de asiento | 116 |
| 2.3.4 Operaciones anuales de cultivo | 117 |
| 2.3.5 Plagas y enfermedades | 120 |
| 2.3.5.1 Hongos | 120 |
| 2.3.5.2 Insectos | 121 |
| 2.3.5.3 Nemátodos | 122 |
| 2.3.5.4 Virus | 122 |
| 2.3.6 Recolección | 122 |
| 2.3.7 Procesado de la cosecha | 123 |
| 2.3.8 Rendimientos | 125 |

III. ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA MULTIPLICACION Y CULTIVO DEL OREGANO FERTILIZADO CON LOS OLIGOELEMENTOS COBRE Y ZINC

| | |
|--|-----|
| 3.0 ACCION DEL COBRE Y DEL ZINC EN LA FISIOLOGIA VEGETAL Y ANIMAL | 129 |
| 3.0.1 El cobre y el zinc en la planta | 130 |
| 3.0.1.1 Fisiología del cobre | 130 |
| 3.0.1.2 Fisiología del zinc | 132 |
| 3.0.2 El cobre y el zinc en los cultivos | 133 |
| 3.0.2.1 Deficiencia, corrección y toxicidad del cobre | 133 |
| 3.0.2.2 Deficiencia, corrección y toxicidad del zinc | 135 |
| 3.0.3 El cobre y los animales | 138 |
| 3.0.4 El zinc y los animales | 141 |
| 3.0.5 El cobre y el zinc en los forrajes | 143 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 145 |
| 3.1 SEMILLAS | 147 |
| 3.1.1 Procedencia del material utilizado | 147 |
| 3.1.2 Determinación del peso medio | 148 |

| | |
|---|------------|
| 3.1.3 Estudio de la germinación | 149 |
| 3.2 ESQUEJES | 153 |
| 3.2.1 Procedencia del material utilizado | 153 |
| 3.2.2 Morfología | 154 |
| 3.2.3 Fitohormonas de enraizamiento | 154 |
| 3.2.3.1 Auxina AIB | 156 |
| 3.2.3.2 Auxina ANA | 156 |
| 3.2.3.3 Auxina AIA | 157 |
| 3.2.4 Condiciones de enraizamiento | 157 |
| 3.3 PLANTAS | 159 |
| 3.3.1 Procedencia del material utilizado | 159 |
| 3.3.2 Obtención de clones | 160 |
| 3.3.3 Técnicas culturales | 160 |
| 3.3.3.1 En invernadero | 166 |
| 3.3.3.2 Bajo umbráculo | 172 |
| 3.3.3.3 Al aire libre | 176 |
| 3.3.4 Determinación de biomasa seca | 178 |
| 3.3.4.1 En la parte aérea | 178 |
| 3.3.4.2 En las raíces | 179 |
| 3.3.5 Obtención del aceite esencial | 180 |
| 3.3.6 Análisis químico del aceite esencial | 181 |
| 3.3.7 Determinación de la humedad | 181 |
| 3.3.7.1 En la parte aérea | 181 |
| 3.3.7.2 En las raíces | 182 |
| 3.3.8 Valoración de Cobre y Zinc | 182 |
| 3.4 METODOS ESTADISTICOS | 187 |
| 3.4.1 Descripción de los datos | 188 |
| 3.4.2 Análisis de varianza | 188 |
| 3.4.2.1 Análisis jerárquico simple | 189 |
| 3.4.2.2 Análisis factorial | 190 |
| 3.4.3 Ajuste de funciones por análisis de regresión | 193 |
| 3.4.3.1 Regresión lineal simple | 193 |
| 3.4.3.2 Regresión lineal múltiple | 194 |
| 3.4.3.3 Correlación | 196 |
| 4. RESULTADOS | 197 |
| 4.1 SEMILLAS | 201 |
| 4.1.1 Introducción | 201 |
| 4.1.2 Determinación del peso medio | 203 |
| 4.1.3 Germinación | 211 |
| 4.1.3.1 Potencia germinativa | 213 |
| 4.1.3.1.1 ssp. <i>vulgare</i> | 213 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.3.1.2 ssp. <i>virens</i> | 226 |
| 4.1.3.1.3 Comparación entre ambas ssp. | 237 |
| 4.1.3.2 Tiempo medio de germinación | 239 |
| 4.1.3.2.1 ssp. <i>vulgare</i> | 239 |
| 4.1.3.2.2 ssp. <i>virens</i> | 242 |
| 4.1.3.2.3 Comparación entre ambas ssp. | 245 |
| 4.1.3.3 Tiempo máximo de germinación | 245 |
| 4.1.3.3.1 ssp. <i>vulgare</i> | 246 |
| 4.1.3.3.2 ssp. <i>virens</i> | 248 |
| 4.1.3.3.3 Comparación entre ambas ssp. | 250 |
| 4.1.3.4 Relación entre los componentes de la germinación | 251 |
| 4.1.3.4.1 ssp. <i>vulgare</i> | 251 |
| 4.1.3.4.2 ssp. <i>virens</i> | 253 |
| 4.1.3.4.3 Comparación entre ambas ssp. | 255 |
| 4.2 ESQUEJES | 257 |
| 4.3 PLANTAS: PARTE AEREA | 261 |
| 4.3.1 Introducción | 261 |
| 4.3.2 Número de varetas | 267 |
| 4.3.2.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 268 |
| 4.3.2.1.1 Cultivo en invernadero | 268 |
| 4.3.2.1.2 Cultivo bajo umbráculo | 273 |
| 4.3.2.1.3 Cultivo al aire libre | 276 |
| 4.3.2.1.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 280 |
| 4.3.2.2 Subespecie <i>virens</i> | 282 |
| 4.3.2.2.1 Cultivo en invernadero | 282 |
| 4.3.2.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 287 |
| 4.3.2.2.3 Cultivo al aire libre | 288 |
| 4.3.2.2.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 292 |
| 4.3.2.3 Comparación entre ambas subespecies | 294 |
| 4.3.3 Longitud media de vareta | 299 |
| 4.3.3.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 301 |
| 4.3.3.1.1 Cultivo en invernadero | 302 |
| 4.3.3.1.2 Cultivo bajo umbráculo | 306 |
| 4.3.3.1.3 Cultivo al aire libre | 309 |
| 4.3.3.1.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 312 |
| 4.3.3.2 Subespecie <i>virens</i> | 314 |
| 4.3.3.2.1 Cultivo en invernadero | 314 |
| 4.3.3.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 318 |
| 4.3.3.2.3 Cultivo ai aire libre | 321 |
| 4.3.3.2.3 Comparación entre las tres ubicaciones | 324 |
| 4.3.3.3 Comparación entre ambas subespecies | 326 |
| 4.3.4 Número de nudos por vareta | 329 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.3.4.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 330 |
| 4.3.4.2 | Subespecie <i>virens</i> | 332 |
| 4.3.4.3 | Comparación entre ambas subespecies | 333 |
| 4.3.5 | Distancia entre nudos por vareta | 335 |
| 4.3.5.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 336 |
| 4.3.5.2 | Subespecie <i>virens</i> | 338 |
| 4.3.5.3 | Comparación entre ambas subespecies | 340 |
| 4.3.6 | Número de hojas por vareta | 343 |
| 4.3.6.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 345 |
| 4.3.6.2 | Subespecie <i>virens</i> | 347 |
| 4.3.6.3 | Comparación entre ambas subespecies | 350 |
| 4.3.7 | Peso seco del material vegetal | 353 |
| 4.3.7.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 355 |
| 4.3.7.1.1 | Cultivo en invernadero | 355 |
| 4.3.7.1.2 | Cultivo bajo umbráculo | 360 |
| 4.3.7.1.3 | Cultivo al aire libre | 363 |
| 4.3.7.1.4 | Comparación entre las tres ubicaciones | 366 |
| 4.3.7.2 | Subespecie <i>virens</i> | 368 |
| 4.3.7.2.1 | Cultivo en invernadero | 368 |
| 4.3.7.2.2 | Cultivo bajo umbráculo | 372 |
| 4.3.7.2.3 | Cultivo al aire libre | 375 |
| 4.3.7.2.4 | Comparación entre las tres ubicaciones | 378 |
| 4.3.7.3 | Comparación entre ambas subespecies | 380 |
| 4.3.8 | Rendimiento en aceite esencial | 383 |
| 4.3.8.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 386 |
| 4.3.8.1.1 | Cultivo en invernadero | 386 |
| 4.3.8.1.2 | Cultivo bajo umbráculo | 392 |
| 4.3.8.1.3 | Cultivo al aire libre | 394 |
| 4.3.8.1.4 | Comparación entre las tres ubicaciones | 397 |
| 4.3.8.2 | Subespecie <i>virens</i> | 401 |
| 4.3.8.2.1 | Cultivo en invernadero | 401 |
| 4.3.8.2.2 | Cultivo bajo umbráculo | 405 |
| 4.3.8.2.3 | Cultivo al aire libre | 408 |
| 4.3.8.2.4 | Comparación entre las tres ubicaciones | 411 |
| 4.3.8.3 | Comparación entre ambas subespecies | 414 |
| 4.3.8.4 | Composición química del aceite esencial | 415 |
| 4.3.9 | Contenido de cobre | 425 |
| 4.3.9.1 | Subespecie <i>vulgare</i> | 426 |
| 4.3.9.1.1 | Cultivo en invernadero | 426 |
| 4.3.9.1.2 | Cultivo bajo umbráculo | 430 |
| 4.3.9.1.3 | Cultivo al aire libre | 433 |
| 4.3.9.1.4 | Comparación entre las tres ubicaciones | 435 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.9.2 Subespecie <i>virens</i> | 437 |
| 4.3.9.2.1 Cultivo en invernadero | 437 |
| 4.3.9.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 441 |
| 4.3.9.2.3 Cultivo al aire libre | 444 |
| 4.3.9.2.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 447 |
| 4.3.9.3 Comparación entre ambas subespecies | 449 |
| 4.3.10 Contenido de zinc | 451 |
| 4.3.10.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 452 |
| 4.3.10.1.1 Cultivo en invernadero | 453 |
| 4.3.10.1.2 Cultivo bajo umbráculo | 456 |
| 4.3.10.1.3 Cultivo al aire libre | 459 |
| 4.3.10.1.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 462 |
| 4.3.10.2 Subespecie <i>virens</i> | 464 |
| 4.3.10.2.1 Cultivo en invernadero | 464 |
| 4.3.10.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 468 |
| 4.3.10.2.3 Cultivo al aire libre | 471 |
| 4.3.10.2.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 474 |
| 4.3.10.3 Comparación entre ambas subespecies | 476 |
| 4.4 PLANTAS: Raíces | 479 |
| 4.4.1 Introducción | 479 |
| 4.4.2 Longitud media del sistema radical | 483 |
| 4.4.2.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 483 |
| 4.4.2.1.1 Cultivo bajo umbráculo | 484 |
| 4.4.2.1.2 Cultivo al aire libre | 485 |
| 4.4.2.1.3 Comparación entre ambas ubicaciones | 486 |
| 4.4.2.2 Subespecie <i>virens</i> | 487 |
| 4.4.2.2.1 Cultivo bajo umbráculo | 487 |
| 4.4.2.2.2 Cultivo al aire libre | 488 |
| 4.4.2.2.3 Comparación entre ambas ubicaciones | 489 |
| 4.4.2.3 Comparación entre ambas subespecies | 490 |
| 4.4.3 Peso de raíz desecada | 493 |
| 4.4.3.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 493 |
| 4.4.3.1.1 Cultivo bajo umbráculo | 493 |
| 4.4.3.1.2 Cultivo al aire libre | 495 |
| 4.4.3.1.3 Comparación entre ambas ubicaciones | 496 |
| 4.4.3.2 Subespecie <i>virens</i> | 496 |
| 4.4.3.2.1 Cultivo bajo umbráculo | 497 |
| 4.4.3.2.2 Cultivo al aire libre | 498 |
| 4.4.3.2.3 Comparación entre ambas ubicaciones | 499 |
| 4.4.3.3 Comparación entre ambas subespecies | 500 |
| 4.4.4 Contenido en cobre del sistema radical | 503 |
| 4.4.4.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 504 |

| | |
|--|------------|
| 4.4.4.1.1 Cultivo en invernadero | 504 |
| 4.4.4.1.2 Cultivo bajo umbráculo | 506 |
| 4.4.4.1.3 Cultivo al aire libre | 508 |
| 4.4.4.1.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 509 |
| 4.4.4.2 Subespecie <i>virens</i> | 510 |
| 4.4.4.2.1 Cultivo en invernadero | 510 |
| 4.4.4.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 512 |
| 4.4.4.2.3 Cultivo al aire libre | 513 |
| 4.4.4.2.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 515 |
| 4.4.4.3 Comparación entre ambas subespecies | 516 |
| 4.4.5 Contenido en zinc del sistema radical | 519 |
| 4.4.5.1 Subespecie <i>vulgare</i> | 520 |
| 4.4.5.1.1 Cultivo en invernadero | 520 |
| 4.4.5.1.2 Cultivo bajo umbráculo | 522 |
| 4.4.5.1.3 Cultivo al aire libre | 523 |
| 4.4.5.1.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 524 |
| 4.4.5.2 Subespecie <i>virens</i> | 525 |
| 4.4.5.2.1 Cultivo en invernadero | 526 |
| 4.4.5.2.2 Cultivo bajo umbráculo | 528 |
| 4.4.5.2.3 Cultivo al aire libre | 529 |
| 4.4.5.2.4 Comparación entre las tres ubicaciones | 530 |
| 4.4.5.3 Comparación entre ambas subespecies | 531 |
| 5. CONCLUSIONES | 535 |
| 6. BIBLIOGRAFIA | 541 |
| 7. ANEXOS | 577 |
| 7.1 ANEXO-I: Distribución mundial y localización de las citas estudiadas | 579 |
| 7.1.1 En territorio español | 583 |
| 7.1.2 En Portugal | 625 |
| 7.1.3 En el resto del mundo | 631 |
| 7.2 ANEXO-II: Mapa 1:1.000.000 | 639 |



0. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS

Antecedentes

De las seis subespecies pertenecientes a *O. vulgare* L., las subespecies *vulgare* y *virens* son las únicas cuyo habitat incluye la Península Ibérica, donde ha sido tradicional su recogida y aprovechamiento, tanto para uso casero, como para suministrar materia prima a la industria alimentaria, farmacéutica y perfumero-cosmética.

Actualmente coinciden dos factores que inciden desfavorablemente en la presencia y recogida tradicional de estas plantas, uno de tipo meteorológico y otro socio-económico. El primero debido a la escasez de lluvias durante la estación primaveral en estos años, que ha originado una disminución acusada en la presencia y abundancia de orégano silvestre. El segundo factor es consecuencia directa del desarrollo industrial de los últimos años que ha producido la migración hacia zonas urbanas y por tanto una escasez y encarecimiento de la mano de obra rural, para la recolección de estas plantas.

Estos dos factores desfavorables para la disponibilidad de orégano silvestre, mencionados en los párrafos anteriores, coinciden con un mayor consumo, por parte de la industria alimentaria, como saborizante y conservante, y nuevas aplicaciones en

las industrias farmacéuticas y perfumero-cosmética, que para cubrir sus necesidades de producción, tanto empresas nacionales como de los países de la Unión Europea, se ven obligadas a realizar crecientes y costosas importaciones de materia prima, de esta especie, sus híbridos exóticos cultivados u otras especies de características similares a las del género *Origanum*, procedentes de países de la cuenca Mediterránea o de Sudamérica. Por estas razones, y con objeto de cubrir la demanda interna nacional, recientemente se han creado diferentes empresas españolas en Cataluña, Aragón y Extremadura para la producción, procesado y comercialización de esta especie.

La elección de las subespecies que estudiamos se ha realizado en base a la importancia del creciente consumo y aplicación que tienen ambas con objeto de evitar o, al menos, paliar sus importaciones para cubrir las necesidades de las industrias del sector. Objetivo que únicamente puede cumplirse mediante el cultivo, manual o mecanizado, de plantas seleccionadas en las zonas de ecología adecuada.

Dichos cultivos implican otros beneficios económicos y sociales como son: La revalorización de tierras yermas o marginales; regeneración de zonas degradadas tras incendios; protección del medio ambiente; lograr mayor rentabilidad agro-forestal, dado su carácter de planta fijadora del suelo, bien en tierras poco rentables para otros cultivos o como sotobosque de repoblaciones forestales, con beneficio mutuo de las labores culturales; sustitución de cultivos excedentarios; creación de puestos de trabajo y la consiguiente fijación de mano de obra rural; explotaciones familiares, especialmente en la agricultura de montaña, y desarrollo de la apicultura.

Objetivos

El interés científico de esta Tesis radica en las investigaciones y estudios necesarios que sirvan de base para conseguir los objetivos económicos y sociales anteriormente mencionados, y que precisan el estudio del *Origanum vulgare* en todos

sus aspectos así como su selección, multiplicación y cultivo. Estos objetivos científicos son:

* Realizar un estudio sobre las ssp. *vulgare* y *virens* que contemple los siguientes aspectos:

- Encuadre taxonómico
- Descripción morfológica de ambas subespecies, incluyendo sus híbridos y cultivares.
- Descripción de sus características fitoquímicas, altitudinales, climatológicas, edáficas.
- Recopilación bibliográfica de sus propiedades y aplicaciones, desde las contempladas tradicionalmente por la medicina y sabiduría popular, hasta aquellas con interés para las Industrias Alimentarias, Farmacéuticas y Perfumero-cosmética.

* Definir la distribución geográfica, tanto nacional como mundial, de ambas subespecies y plasmarla en un mapa a escala 1:1.000.000 donde quedarán reflejadas todas aquellas localizaciones concretas que sirvan de base para establecer las áreas de predominio de cada subespecie que, complementadas con sus correspondientes características climáticas y edáficas, sirvan para delimitar las zonas posibles e idóneas para su cultivo.

* Profundizar en el conocimiento de los métodos de multiplicación para ambas subespecies, estudiando por un lado la multiplicación sexual y especialmente las condiciones óptimas para alcanzar los mayores porcentajes de germinación; experimentar con fitohormonas de enraizamiento como método de multiplicación vegetativa, a fin de mantener la línea genética de una planta seleccionada.

Justificación y Objetivos

* Estudiar el cultivo del orégano, presentando las diversas técnicas para su multiplicación, cultivo, procesado de las cosechas, comercialización y consumo. Establecer el momento idóneo de la recolección para obtener el máximo rendimiento en biomasa útil y de su aceite esencial.

Una vez descritos estos objetivos y considerando el interés que actualmente está despertando el cultivo de estas subespecies, no sólo en España, sino también en diversos países sudamericanos, se planteó la necesidad de profundizar en las técnicas culturales, especialmente en la fertilización, por ser una de las labores más costosas y menos definidas, que nos llevó a la persecución de otros dos objetivos:

* Estudiar la influencia de los oligoelementos cobre y zinc, en fertilización individual y simultánea, sobre la morfología, vigor y rendimiento de plantas cultivadas.

* Cuantificar los contenidos de cobre y zinc en las cenizas, en la parte aérea y en la raíz del vegetal, mediante la valoración por espectrofotometría de absorción atómica. Esto nos permite evaluar lo que la planta absorbe por la raíz y acumula en ella y en la parte aérea, así como el valor remineralizante que posee la parte aérea para el ganado, tanto para pastoreo "a diente" de planta silvestre o el aprovechamiento de los residuos de la destilación, como saborizante y aromatizante de piensos compuestos, que evitaría adiciones de cobre y zinc en la dieta animal, ya que los pastos existentes presentan, frecuentemente, carencias en estos oligoelementos, no llegando a cubrir las necesidades de la dieta alimenticia.

Sistemática seguida en el trabajo

La sistemática seguida para el logro de los fines de esta Tesis, constituye una amplia unidad que ha sido estructurada en tres partes, claramente diferenciadas por sus objetivos, pero coordinadas en su orden de realización y finalidad.

La primera parte (I) nos proporciona una panorámica general del *Origanum vulgare* L. silvestre, referido a las ssp. *vulgare* y *virens*, donde se presenta el encuadre taxonómico, la descripción morfológica, ecológica (altitudinal, climatológica y edafológica), la distribución nacional y mundial de ambas subespecies, sus principales propiedades y aplicaciones, así como su comercialización. La concreción de estos aspectos generales del orégano silvestre nos servirán de base para la segunda parte del trabajo.

La segunda parte del trabajo (II) se dedica al estudio del orégano cultivado, comenzando con las diferentes técnicas y metodologías para la selección, multiplicación y cultivo de estas subespecies, así como el procesado agroindustrial de las cosechas. Incluimos dos apartados en los que profundizamos en el estudio y desarrollo de dos métodos para multiplicar a estas subespecies, que son la germinación y la multiplicación vegetativa de esquejes, mediante la aplicación, a diferentes concentraciones, de tres tipos de fitohormonas de enraizamiento. En el primer caso estudiamos la influencia que factores, tales como luz, temperatura, edad de la planta productora de semillas, su peso y almacenamiento tienen sobre su poder germinativo.

A continuación presentamos la práctica de otra técnica de multiplicación vegetativa: la división de pies, que nos proporciona material homogéneo y en cantidades suficientes para abordar la tercera parte de esta unidad.

Hemos considerado esta tercera parte (III) como un caso particular, dentro del

Justificación y Objetivos

cultivo del orégano, que consiste en estudiar la influencia que puedan tener los oligoelementos cobre y zinc en el rendimiento, en biomasa y en aceite esencial, de ambas subespecies.

También se ha valorado el contenido de estos oligoelementos en la parte aérea y en la raíz de ambas subespecies y lo que han absorbido ambas con relación a sus testigos.

I. ESTUDIO DEL OREGANO SILVESTRE

1. ESTUDIO DEL *ORIGANUM VULGARE* L.

1.1 TAXONOMIA

(Ietswaart, 1980; Tucker y Rollins, 1989; Rollins, 1991)

1.1.1 Encuadre taxonómico:

Abordamos el estudio de las dos subespecies objeto de esta Tesis mediante su clasificación botánica desde el nivel de familia, siendo éste el siguiente:

- Familia: *Lamiaceae* (= *Labiatae*, *Labiadas*)
- Género: *Origanum*
- Subgénero: *Euoriganum* Vogel
- Sección: *Origanum*
- Especie: *Origanum vulgare* Linnaeus
- Subespecies: *vulgare*
virens (Hoffmannsegg et Link) Ietswaart

Tras la última revisión taxonómica llevada a cabo por Ietswaart en 1980, la sección *Origanum* queda limitada a una sola especie, el *O. vulgare* L. que abarca seis subespecies, entre las que destacan las dos subespecies objeto de este estudio. La gran mayoría de estas seis subespecies anteriormente habían sido consideradas como especies (Rollins, 1989 y 1991) hasta la revisión de Ietswaart antes mencionada y son las subespecies *gracile*, *hirtum*, *vulgare*, *virens*, *glandulosum*, y *viride*.

La ssp. *vulgare* es una planta extremadamente polimorfa; sus variaciones están

influidas en gran medida por el medio y la época del año, lo que ha originado el amplio número de sinonimias y variedades descritas en la bibliografía. Como ejemplo, Montserrat (1968) definía entre Argentona y Badalona, zona comprendida entre los ríos Besós y Tordera, el predominio de unas formas que en otoño suelen alargar sus inflorescencias, hasta hacerlas casi prismáticas, por lo que las denominó var. *prismaticum* Gaud., notándose este alargamiento principalmente en los barrancos más húmedos, donde la planta puede prosperar durante todo el verano, pero que en realidad es una variación de la morfología floral de la ssp. *vulgare*.

Ietswaart recoge, para la ssp. *vulgare*, hasta 58 sinonimias comprendidas entre 1753 y 1977, y cita 9 sinonimias para la ssp. *virens* entre 1809 y 1972, cuyo extenso número responde al polimorfismo encontrado para esta especie.

Además, entre esta especie y otras de diferentes secciones, en unos casos y en otros con especies pertenecientes a distintos géneros, se producen los siguientes híbridos:

- * *Origanum x majoricum* Cambessedes
resultante de *O. majorana* L. x *O. vulgare* L. ssp. *virens*
(Hoffm. et Link) Ietswaart
- * *Origanum x applii* (Domin) Boros
resultante de *O. majorana* x *O. vulgare* L. ssp. *vulgare*
- * *O. vulgare* L. ssp. *vulgare* x *Thymus* spp
- * *O. syriacum* L. var. *syriacum* x *O. vulgare* L. ssp. *vulgare*
conocido también como *O. maru* auct.

Como consecuencia de que la ssp. *vulgare* se ha naturalizado en diferentes zonas de los Estados Unidos de América, incluyendo la región de California, han aparecido diversos cultivares y algún otro híbrido, que más adelante describiremos.

1.1.2. Etimología:

(Pruthi, 1980; Muñoz, 1987; Morales Valverde, 1992)

El nombre genérico deriva del latín ORĪĜĀNUM y éste del griego ὀρίγανος,

donde encontramos los vocablos *oros*, *montaña* y *ganos*, adorno, en alusión al carácter ornamental, en los montes, de las especies de este género ("*esplendor u ornato de las montañas*") (Corominas, 1974). El nombre específico expresa lo frecuente de su presencia.

Se emplea en varias frases proverbiales:

* *Oregano sea*: expresión figurada y familiar con que se expresa el temor de que un negocio o empresa dé mal resultado.

* *No es orégano todo el monte*¹: Expresión muy usual con que se da a entender que no todo es fácil y agradable, placer o bondad en un asunto cualquiera. Ni por supuesto, aromático, como el orégano.

Esta expresión, según Corominas (1974) se convierte en la siguiente:

* *Se le hizo el monte orégano*: expresión que recibe los significados de "le pareció todo demasiado fácil", "tomó excesiva confianza".

Debido a que la especie *O. vulgare* L. presenta la distribución geográfica más amplia de todas las especies pertenecientes al género *Origanum* (Ietswaart, 1980), no es de extrañar la gran variedad de nombres vulgares que recibe la especie. Por este motivo presentamos una recopilación de los que existen referencias tanto en territorio español como en otros países.

1.1.2.1 Nombres vernáculos en España:

Dado que la distribución de la especie *O. vulgare* L. en la Península Ibérica ha sido y es muy amplia (ver apartado 1.5.3.2) y que, prácticamente se le puede encontrar

¹ Junceda (1995) en su obra "Diccionario de Refranes" nos enuncia esta expresión popular como "*No todo el monte es orégano*".

en todas las regiones, el número de nombres vulgares que recibe es muy numeroso y variado, no sólo entre las diferentes regiones, sino entre zonas próximas de las mismas.

En Castilla y Andalucía recibe los nombres de orégano y mejorana bastarda ². Para la ssp. *vulgare* encontramos, además, los términos orégano rojo ³, orégano trenzado y orégano turco ⁴. Para la ssp. *virens* se cita la terminología orégano verde⁵. En Zamora encontramos el término oriégano para describir a la ssp. *virens*.

Colmeiro (1870) en "A Flora Hispano-Lusitana" hace referencia a diversos nombres usados en el idioma árabe, o procedentes del mismo, e introducidos en el castellano para designar a esta especie, como son: Almoradux, amoradux, moradux, Al-marda-kux y Al-moradux, nombres con que también se conoce en Andalucía al *Thymus mastichina* o mejorana silvestre.

En Asturias se le denomina oriéganu (Corominas, 1974), orégano, oriégano, fluriégano ⁶ y, Romero (1976) además cita los términos oriégano y furiégano.

En Galicia hemos encontrado las siguientes denominaciones para la ssp. *virens*: ourego ⁷, loragiño, logaziño y oregaña ⁸.

En Navarra, la ssp. *vulgare* recibe el nombre de oregain ⁹ y oregaña ¹⁰.

En el País Vasco, son muy abundantes los nombres que recibe la ssp. *vulgare*: orengana, oreganoa, oregranua ⁸, haitz-belar ¹¹, aitz-bedarr ⁶, aitzbedare, atx-usain, moregaña ¹², oregano, oregano, orengana, oregain, loragiño y oregaña. Esta última denominación, según Gredilla (1913) y Guinea (1949) es una corrupción de la palabra

²González Tejero, 1990.

³ Bueno, 1987.

⁴ Colmeiro, 1880.

⁵ Rigual, 1972.

⁶ Font Quer, 1962.

⁷ Planellas, 1852.

⁸ Blanco y Chao, 1994.

⁹ García Bona, 1981.

¹⁰ López Fdez, 1970.

¹¹ Mendiola, 1989.

¹² Guinea, 1980.

moregaña que a su vez deriva de los vocablos "morea", morado y "gaña", sumidad, en clara alusión al característico color de las sumidades floridas de esta subespecie.

En Valencia recibe los nombres de orégano y orenga ¹³ y, concretamente en Castellón, encontramos los siguientes nombres para la ssp. *vulgare*: orenga, orégano, orógamo, orógano, te de roig, te roig, te rojo ¹⁴. Al tiempo que la ssp. *virens* recibe numerosas denominaciones: fainó, fainós, herba botifarrera, herba de butifarra, hierba botifarrera, orégano ¹⁴.

En Aragón, especialmente en Huesca, a la ssp. *vulgare* se le denomina organo o perigüel ¹⁵.

En Cataluña encontramos los siguientes nombres para la ssp. *vulgare*: orega, orenga o uronga ^{6, 16, 17}, moradui bastard ^{8, 18} término similar a la traducción francesa marjolaine sauvage (mejorana salvaje) asimilando erróneamente nuestro *Th. mastichina* con el *O. majorana* ¹⁹, urénga ^{20, 21}.

En Mallorca (Islas Baleares) encontramos los siguientes términos para designar a la ssp. *virens*: orengue, orega ⁸ y orenga ²².

1.1.2.2 Nombres vernáculos en otros países:

A continuación pasamos a enumerar los términos con los que se designa a cada subespecie, por países y en determinadas lenguas.

¹³ Sanchis y Ruano, 1990.

¹⁴ Mulet, 1991.

¹⁵ Villar et al., 1987.

¹⁶ Bonet, 1991.

¹⁷ Mutané, 1991.

¹⁸ Colmeiro, 1846.

¹⁹ Muñoz, 1987.

²⁰ Cipriano Costa, 1877.

²¹ Vayreda, 1882.

²² Straka et al., 1987.

a) Vocablos encontrados para la ssp. *vulgare*:

- *Alemania*: Origanum, Dost, Wilder Majoran (Madueño Box, 1973). Lindner (1986) cita los siguientes nombres populares: Badkraut, Brauner, Dost, Costenz, Dorant, Dosten, Gemude, Maran, Mutterkraut, Ohrkraut, Oregan, Schusterkraut, Spanischer Hopfen, Staudenmajoran y Wohlgemut.
- *Andorra*: moraduix, majorana, orega (Bouchard, 1981).
- *Francia*: origan, marjolaine sauvage (Muñoz, 1987; ITEPMAI, 1992).
- *Grecia*: ríгани (Vokou et al., 1988)
- *Holanda*: Wilde marjolein.
- *India*: Sathra, Mirzan-Josh
- *Inglaterra*: origanum, wild marjoram, bastard marjoram, common marjoram, sweet marjoram (Putievsky et. al, 1977; ITEIPMAI, 1992).
- *Italia*: origano, regamo, accinghero, origano comune (Marzi, 1992; ITEIPMAI, 1992).
- *Portugal*: ouregão ordinario (Avellar Brotero, 1804).
- *Rusia*: Dushitsa.
- *Suecia*: Vild Mejram

b) Vocablos encontrados para la ssp. *virens*:

- *Portugal*: oregao, ouregão (Avellar Brotero, 1804), mangerona-brava, mangerona-selvagum (Borges et al., 1992) y orego, ouregão de Creta, Ouregão menor y ouregão longal (Colmeiro, 1988). En las Islas Azores hemos encontrado los términos ouregos y ourégão (Palhinha, 1966).
- *en árabe*: Anrar, origan, zaâtar, azzâtar (Pruthi, 1980).
- *en berbère*: Azoukenni, tazoukennite (Pruthi, 1980).

1.1.3. Toponimias:

1.1.3.1 En España:

- * *El Orégano*: Paraje de la provincia de Canarias, municipio de La Orotava.
- * *Sierra del Oreganal* ²³: Sierra englobada en la Serranía de Ronda, provincia de Málaga.
- * *Peñón de S'Orengar*: peñón próximo al Castillo d'Alaró, Alaró (Palma de Mallorca) donde reza la curiosa leyenda de En Fonoí (Bonafé, 1979):

Mare de Déu del Refugi,
no el sabéreu emparar
an En Fonoí quan va caure
pes Penyal de S'Orengar?

(Madre de Dios del Refugio,
no supiste amparar
a En Fonoí cuando se cayó
por el Peñón de S'Orengar?)

- * *Pico Orenga*: altitud 1.144 m, perteneciente a la Sierra En Cellar, provincia de Castellón.

1.1.3.2 En Hispanoamérica:

- * *Orégano*: Fundo de Chile, provincia de Colchagua, departamento de San Fernando, situado cerca de la orilla meridional del río Tinguiririca, al sur de la capital del departamento.
- * *Orégano*: Arroyo de Honduras, en el departamento de Tegucigalpa; junto con el Calderas forma el Siria, afluente del río Playas.
- * *Orégano*: Congregación de Méjico, Estado de Durango, municipio de San Juan de Guadalupe.
- * *El Oreganito*: Aldea de la República Dominicana, provincia de Azua de Compostela, municipio de Azua.

²³ Oreganal: término con el que se designa un sitio poblado de orégano; lugar donde abunda esta planta.

1.2 DESCRIPCION MORFOLOGICA

1.2.1 Especie *O. vulgare* L.:

(Del Amo y Mora, 1872; Font Quer, 1962; Ietswaart, 1980; Delaveau, 1981; Muñoz, 1987; Guillén, 1990).

En las Figuras 1.2.1.a y 1.2.1.b se presentan los dibujos de un tallo florido de la ssp. *vulgare* y otro de la ssp. *virens*, respectivamente, con detalles de las hojas, brácteas, flores, cáliz y corola.

Es una planta vivaz que nace de una delgada cepa que se arrastra casi a flor de tierra enraizando en ella formando rizomas y con breves latiguillos. Presenta tallos erectos que alcanzan una altura comprendida entre 30-100 cm.; la cepa emite también renuevos foliosos, estériles. Toda la planta está recubierta de pelos glandulares, tanto peltados como capitados, así como de pelos uniseriados no-glandulares (Werker et al., 1985), suaves no articulados.

1.2.1.1 Raíz:

Presenta una raíz fasciculada y leñosa que reptar por el terreno. Los tallos o

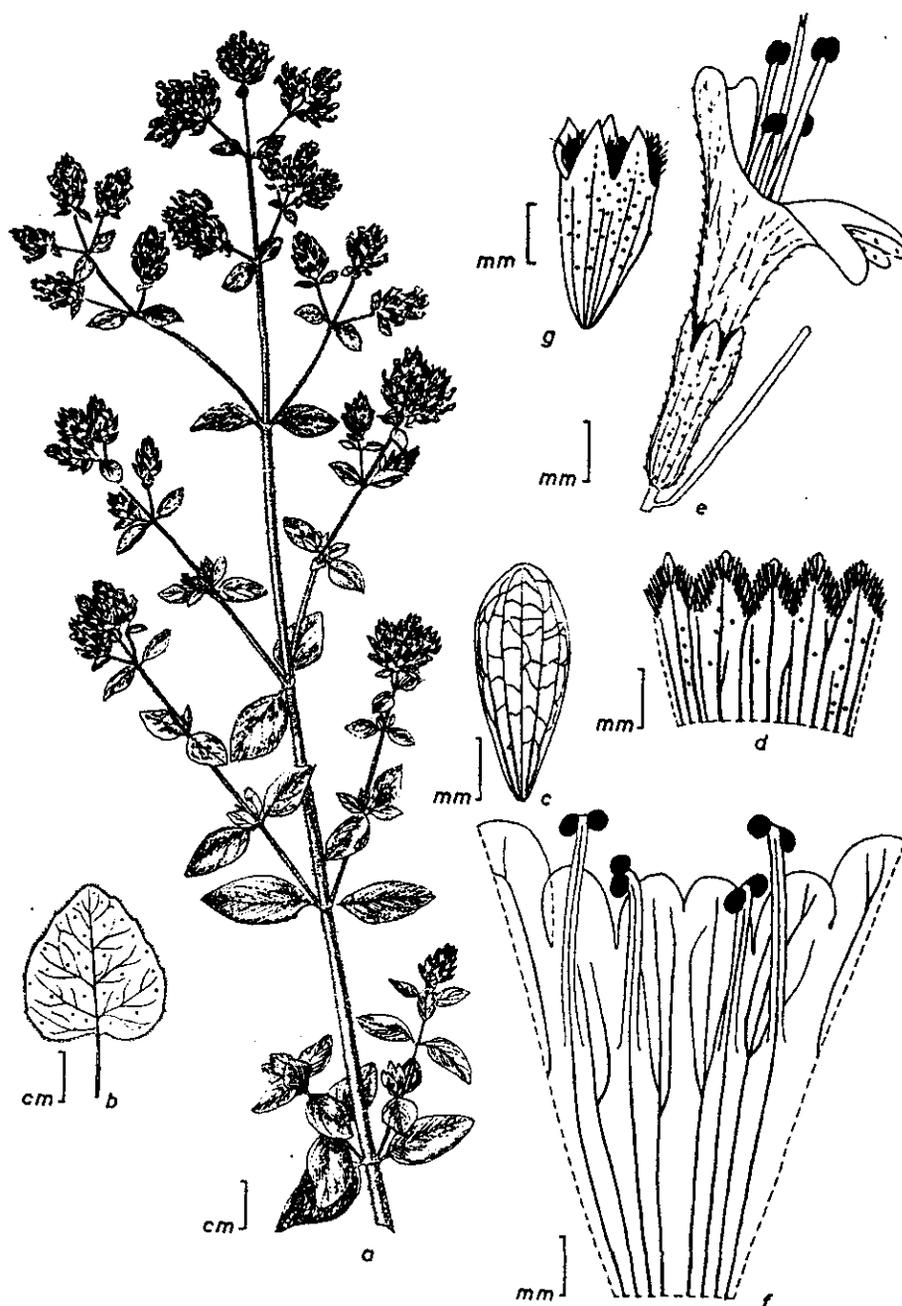


Fig. 1.2.1.a: *O. vulgare ssp. vulgare*: a) hábito; b) hoja; c) bráctea; d) corte transversal del cáliz por su labio inferior; e) flor con bráctea vista lateralmente; f) corte transversal de la corola por su labio inferior (según Iestwaart, 1980); g) cáliz (según Rollins, 1989).

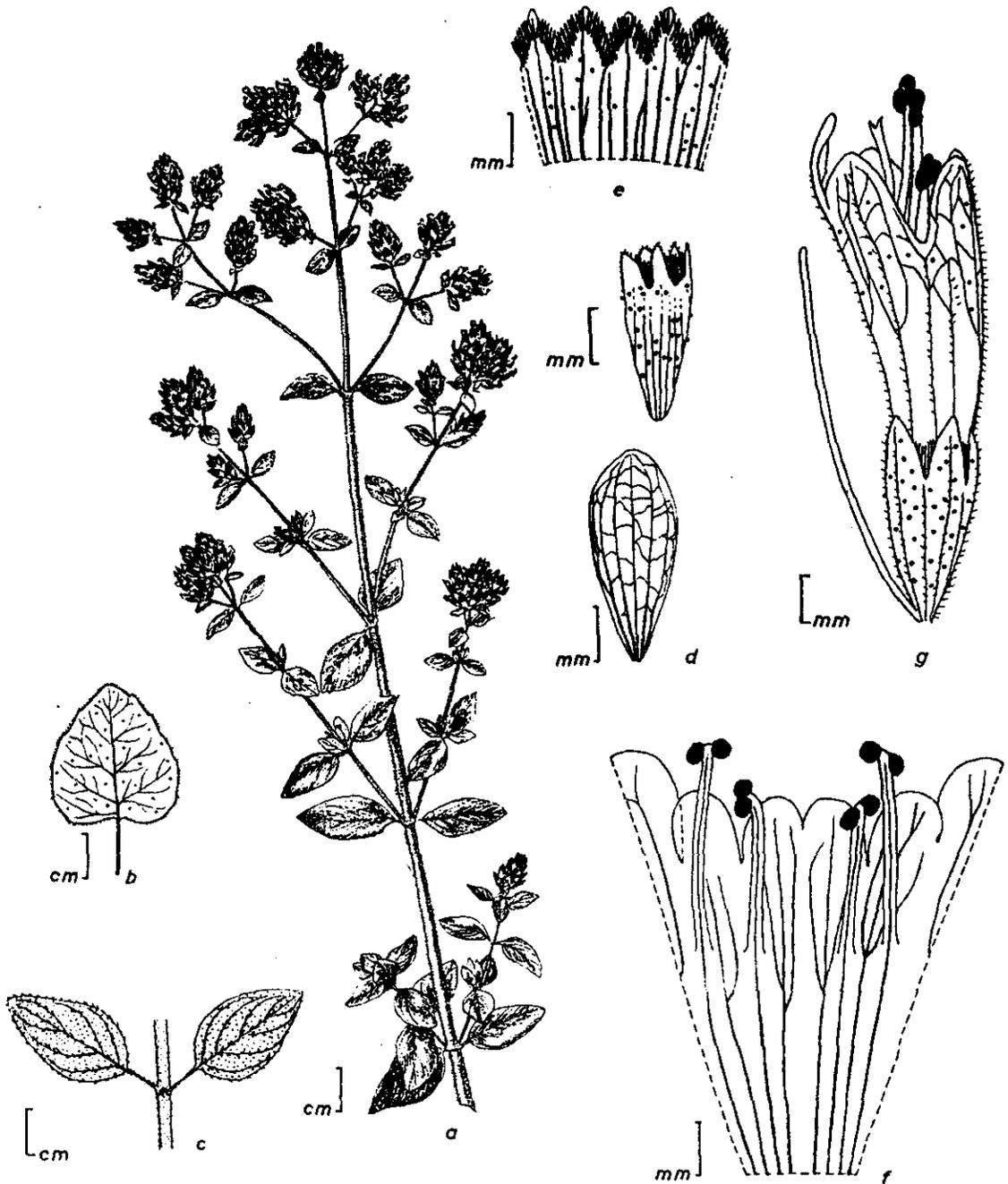


Fig. 1.2.1.b: *O. vulgare* ssp. *virens*: a) hábito; b) hoja; c) detalle de tallo con hojas; d) bráctea; e) corte transversal del cáliz por su labio inferior; f) corte transversal de la corola por su labio inferior; g) flor con bráctea vista lateralmente (según Iestwaart, 1980); h) cáliz (según Rollins, 1989).

Descripción morfológica

varetas exteriores, en contacto con el suelo, tienen la capacidad de acodar con facilidad produciendo un rizoma rastrero, negruzco, provisto de raíces fibrosas.

1.2.1.2 Tallos:

Los tallos cuadrangulares, erguidos y frecuentemente de color rojizo, se encuentran generalmente ramificados en su parte superior; su parte inferior suele estar lignificada y es portadora de braquiblastos estériles, quedando pronto deshojada.

En toda su longitud se cubren de una vellosidad fina, y retrorsa, constituida por pelos suaves no articulados. Presentan hasta diez pares de ramas por tallo, cuyas longitudes varían según la subespecie de que se trate. Dispersos por el tallo se encuentran pelos glandulares peltados y capitados.

A lo largo de este trabajo hemos denominado con el término "vareta" a cada uno de los tallos que componen la cepa de esta planta, pues considerábamos que de ésta forma nos aproximábamos más a la descripción morfológica de ambas subespecies.

1.2.1.3 Hojas:

Las hojas nacen de dos en dos en cada nudo, enfrentadas, pecioladas las inferiores y casi sésiles las superiores. Presentan tamaños muy diferentes, que varían enormemente para cada individuo y entre ambas subespecies. Según se asciende por el tallo, las hojas presentan tamaños cada vez más pequeños.

Estas hojas se presentan de color verde, lampiñas por el haz, y más pálidas y vellosas por el envés. Tienen forma aovado-oblonga, aovada o elíptica, con ápice agudo u obtuso, con los bordes vellosos, generalmente enteros o débilmente crenado-aserrados, con dientecitos marginales y con peciolo de hasta 15 mm de largo.

Tienen, también, numerosas y diminutas punteaduras glandulares rellenas de esencia por ambas caras de la hoja, pero más abundantes en el envés. Al examinar la hoja a contraluz, con una lente de aumento, estas gotitas se muestran como otros tantos puntos translúcidos de 60-80 μm de diámetro. Son pelos glandulares casi sésiles, que se encuentran en distinta proporción, por superficie de hoja, para cada subespecie.

Según Bosabadilis y Tsekos (1982) en la especie *vulgare L.*, los pelos glandulares se originan, a partir de una célula protodérmica simple de tamaño superior a las células colindantes. Esta célula inicial sufre una división periclinal asimétrica originando dos células de tamaño desigual. La célula inferior corresponde a la célula basal del pelo glandular mientras que la célula superior sufre una nueva división asimétrica para dar lugar a la célula del pedúnculo y la célula apical, como muestra la Figura 1.2.3.

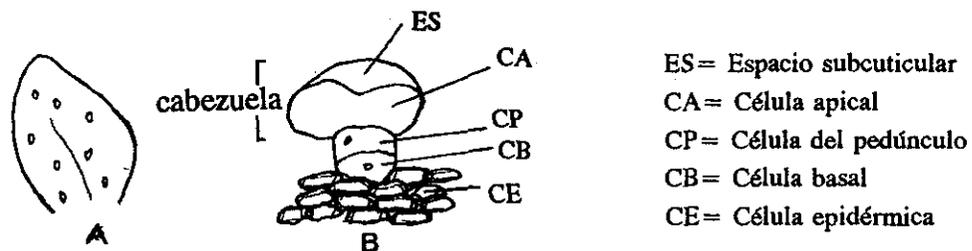


Fig. 1.2.3: *O. vulgare L.* A, envés de la hoja con numerosos pelos glandulares. B, pelo glandular totalmente desarrollado.

Las células, basal y del pedúnculo, permanecen sin dividir durante todo el desarrollo, mientras que la célula apical sufre divisiones adicionales hasta completar la formación de la cabezuela.

Esta célula apical sufre una primera división anticlinal que origina dos células iguales que, mediante dos divisiones sucesivas, generan ocho células; de éstas, las cuatro que ocupan una posición central sufren una nueva división asimétrica resultando que al final la cabezuela está constituida por doce células, cuatro localizadas en el

Descripción morfológica

centro y ocho, de mayor tamaño, se disponen en la periferia, según se representa en la Figura 1.2.4.

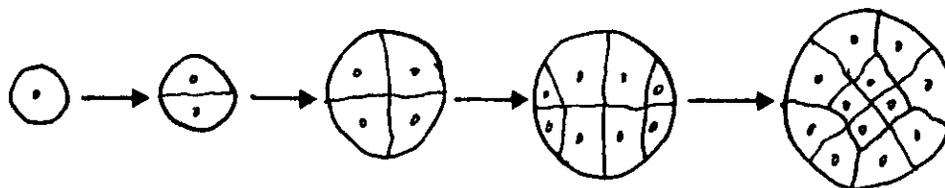


Fig. 1.2.4: Formación de la cabezuela a partir de la célula apical.

Como consecuencia de este proceso, pudiera ser que las cuatro células centrales desempeñen funciones diferentes a las periféricas, y por ello, cada tipo de células podría producir diferentes componentes del aceite esencial, que posteriormente se mezclarían tras ser excretados al espacio subcuticular (Bosabalidis y Tsekos, 1984).

Werker et al. (1985a) citan la presencia de dos tipos de pelos glandulares en *O. vulgare* L., unos peltados y otros capitados. Los primeros consisten en una célula basal, una peduncular y una cabezuela secretora constituida por 4 células centrales y 8-10 células periféricas. Los segundos son, a su vez, de dos tipos; el tipo-I consisten en una célula basal, una peduncular y una cabezuela constituida por una célula desde redonda a elongada. El tipo-II están constituidos por una célula basal, de 1-3 células pedunculares y una cabezuela estrecha que a veces presenta forma de pera.

Los pelos glandulares en sus primeros estadios de desarrollo se han encontrado sólo en hojas jóvenes, mientras que hojas adultas están cubiertas, exclusivamente, por glándulas totalmente diferenciadas.

1.2.1.4 Brácteas:

Las brácteas de la inflorescencia son pequeñas, aovadas u ovaes, herbáceas, membranosas, habitualmente glabras, a veces más o menos pilosas, sin glándulas o con

punteaduras glandulares esparcidas.

Según Werker et al. (1985) el número de pelos peltados en las brácteas es muy variable, de inexistentes hasta numerosos, y desproporcionados en las dos superficies. Sin embargo, los dos tipos de pelos capitados se encuentran distribuidos de forma más o menos uniforme.

Tanto el número de brácteas por espiga, así como sus dimensiones y color, constituyen uno de los rasgos morfológicos más importante para diferenciar a ambas subespecies entre sí.

1.2.1.5 Inflorescencias:

Las inflorescencias son terminales o en el extremo de las ramas laterales, formando un corimbo o una panícula globular o cimosa. La forma de la espiga varía desde ovoide a cilíndrica y con diferentes dimensiones, según la subespecie de que se trate.

1.2.1.6 Flores:

En el extremo del tallo y las ramas, se disponen agrupadas numerosas flores pequeñas y de 1-3 en las axilas de las brácteas, de unos 5 mm de longitud.

Tienen forma aovada u oblonga, más o menos largas, prismáticas, densas, dispuestas en apretados y breves ramilletes, reunidos a su vez en una panícula tricótoma, muy extendida provista de brácteas ovales y apiculadas.

El cáliz campaniforme es de longitud variable, según la subespecie, con punteaduras glandulares amarillentas, peloso o glabro, con 5 dientes triangulares,

Descripción morfológica

derechos, regulares, casi iguales y la garganta, con 13 nervios, lleva un anillo de pelos, de la misma longitud que las lacinias de su limbo. En la superficie abaxial más externa del cáliz, principalmente sobre el tubo, encontramos todos los tipos de pelos glandulares, con una densidad de 20 por mm², o superior, de pelos peltados, y en menor proporción en el limbo.

La corola bilabiada con tubo erguido, saliente, de longitud variable según la subespecie; labio superior emarginado, el inferior trilobulado. Aquí también se concentran los pelos glandulares sobre la superficie abaxial, pero sólo en la zona de los lóbulos, que es la parte más saliente y que no está cubierta por el cáliz. En esta zona encontramos, principalmente, pelos peltados; mientras que los pelos capitados son escasos.

De los cuatro estambres, son más largos los dos anteriores; las anteras presentan lóculos divergentes. Tanto en los estambres como en el gineceo no se han observado pelos glandulares.

1.2.1.7 Ginodioecia:

El fenómeno de la ginodioecia, variable y algo contradictorio, con una base genética muy compleja, se encuentra con frecuencia en *O. vulgare* L., y especialmente la ssp. *vulgare* presenta un porcentaje de flores femeninas que puede alcanzar la totalidad; de aquí que sea más fácil el autocruzamiento y la existencia de los numerosos híbridos interespecíficos que, por consiguiente, justifica el polimorfismo tan marcado de esta subespecie.

Lewis y Crowe (1956) estimaron que en poblaciones de este género, procedentes del oeste y norte de Europa, las plantas poseían entre un 30-50% de flores femeninas. Postularon que el sistema de ginodioecia está controlado por dos genes

independientes F y H. El gen F es el causante del malogramiento del polen, el gen H es un supresor dominante de F. Combinaciones con HH son autoincompatibles, mientras que la combinación ffhh probablemente es letal. Estos autores tuvieron que proponer tal teoría debido a que los patrones de segregación se desviaban de las Leyes de Mendel.

Kheyr-Pour (1969) revisó muchas poblaciones del sur de Francia y encontró que entre un 4-18% de las plantas eran femeninas; posteriormente, en 1980, este mismo autor estimó entre 1-62% de esterilidad masculina en poblaciones de Europa occidental. Paralelamente, dicho autor pone de manifiesto la dificultad para determinar con exactitud estos porcentajes, ya que las plantas de *O. vulgare* acodan con facilidad, además, aparecen ejemplares que presentan flores femeninas y masculinas juntas en un mismo tallo, al tiempo que, a medida que avanza la estación, las plantas femeninas más tarde muestran flores bisexuales.

Posteriormente, Ietswaart y Barel (1984) al investigar 19 poblaciones holandesas silvestres (53 plantas en total) de la ssp. *vulgare* encontraron un valor medio del 11,5% de esterilidad masculina. Además, observaron una gran variabilidad en la esterilidad masculina no sólo entre plantas individuales pertenecientes a la misma población, sino también entre los diferentes tallos de una misma planta y entre diferentes ramas de un mismo tallo. Ambos autores no observaron correlación entre la esterilidad masculina y factores edáficos tales como acidez, contenido de calcio, contenido de fósforo, materia orgánica, arena, arcilla y la inclinación del terreno. Sin embargo, observaron que la presencia perturbadora de poblaciones humanas y su influencia negativa en el entorno ambiental, originaba un mayor porcentaje de esterilidad masculina.

Dichos autores deducen que poblaciones pequeñas y aisladas de la ssp. *vulgare* presentan una esterilidad masculina muy superior a la de poblaciones compactas. Este fenómeno lo explican aludiendo a que las plantas femeninas tienen la ventaja de

Descripción morfológica

producir una progenie mas numerosa y con mas vigor, aunque con la desventaja de tener que recurrir obligatoriamente al autocruzamiento. Para las poblaciones pequeñas y aisladas la visita de las abejas representa un incierto factor de reproducción y, si además estas poblaciones se encuentran asociadas a una vegetación relativamente alta y densa, la polinización por insectos resulta aún menos probable. Por ello, parece funcional que estas poblaciones presenten un alto porcentaje de flores femeninas.

1.2.1.8 Polinización:

Especie entomófila, cuyos principales vectores son las abejas, y también avispas y abejorros. Plantas con buena producción de polen y néctar, lo que les convierte en especies muy melíferas que proporcionan una miel de excelente calidad (Bonet et al., 1985; Bueno, 1987; Lanská, 1994).

El hecho de que se considere al orégano como una buena planta melífera radica en una especial característica de la misma, que consiste en el alto contenido de azúcar del néctar de sus flores, que alcanza un porcentaje superior al 70%, lo cual, si se compara con el de otras plantas, es muy elevado. No es, pues, extraño, que continuamente reciba la visita de abejas y otros insectos durante su floración (Oudshoorn, 1981).

1.2.1.9. Fenología:

Ambas subespecies pueden presentar dos floraciones anuales, una estival y otra otoñal. En la primera floración anual, que en nuestras latitudes se produce en los meses de verano, encontramos un desfase entre ambas subespecies, pues así como la ssp. *virens* la inicia, generalmente, en el mes de mayo, la ssp. *vulgare* lo hace en el mes de junio; ambas subespecies llegan a agotar, normalmente, esta floración entre julio y agosto, según las condiciones climáticas reinantes. Esta época, por tanto, se

corresponde con el óptimo de floración de ambas subespecies.

Si tras este período de floración, la planta se siega y llueve o se dan los riegos precisos, se fuerza a una segunda floración otoñal, la cual ocurre con más frecuencia, en la *ssp. vulgare*.

1.2.1.10 Palinología:

Husain y Heywood (1982) estudiaron el polen de ambas subespecies y, basándose en sus caracteres morfológicos lo clasificaron como *estenopolínico* del tipo-2.

Se caracteriza por presentar un téctum reticulado con punteaduras coronado formando grupos de hasta seis, rodeados por un retículo, de muros débilmente definidos, que apenas sobresalen por encima del nivel del téctum.

La longitud de los colpos, expresada como porcentaje de la longitud total del grano, varía desde 65% a 69%. Las medidas del eje polar son de 32-37(-42) μm , y las del diámetro ecuatorial son de (31-)35(-41) μm .

Adicionalmente, ambos autores mencionan las siguientes características para el grano de polen, de ambas subespecies, observadas al microscopio óptico y al microscopio electrónico de barrido (SEM):

| | Forma | longitud eje polar (P) | | | diámetro ecuatorial (E) | | | P/E |
|---------------------|------------------------------|------------------------|------|-------|-------------------------|------|-------|-----|
| | | Máx. | med. | min. | Máx. | med. | min. | |
| <i>ssp. vulgare</i> | circular | (38-) | 34 | (-29) | (38-) | 33 | (-28) | 1,0 |
| <i>ssp. virens</i> | desde subcircular a circular | (42-) | 37 | (-32) | (39-) | 36 | (-34) | 1,0 |

Descripción morfológica

así como otras características referidas al tamaño del grano de polen (μm):

| | espesor pared | radio apocolpial | E ₁ | L ₂ | P ₃ |
|---------------------|---------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>ssp. vulgare</i> | 3 | 7 | si | 69 | 1,2,3,4,5 |
| <i>ssp. virens</i> | 3 | 7 | si | 66 | 1,2,3,4,5 |

E₁: Ectoexina engrosada en los polos.

L₂: Longitud del colpo en % de la longitud total del polen.

P₃: n° de perforaciones por lumen

El tectum conlleva una escultura reticulada englobando a los grupos de punteaduras. Las crestas tectales son más densas y más achatadas que las crestas subsidiarias que separan las punteaduras.

Valdés et al., (1987) estudiaron el grano de polen de la *ssp. virens*, definiendo las siguientes características: polen hexa-zonocolpado, isopolar, con simetría bilateral o radial. En visión ecuatorial, de elíptico a circular, y en visión polar, elíptico, a veces circular. Presenta aperturas simples de tipo colpo, en número de seis.

Téctum parcial; infratéctum columelado. Superficie con retículo doble retículo primario uniforme en las mesocolpias y más pequeño en las apocolpias; a través de los lúmenes se aprecia un retículo secundario bien marcado, con las siguientes medidas, indicando los mínimos y máximos, las medias y las desviaciones poblacionales:

| | P | E | E ₁ | P/E |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <i>ssp. virens</i> | 25-33 (28,91 ± 1,57) | 28-36 (32,48 ± 1,74) | 27-34 (29,00 ± 2,60) | 0,80-1,07 (0,88 ± 0,06) |

E: Diámetro ecuatorial, en μm .

P: Longitud del eje polar, en μm .

E₁: Ectoexina engrosada en los polos, en μm .

1.2.1.11 Fruto:

El fruto es un tetraquenio, con cada parte aquenio ovoideo y liso, muy pequeño, de dimensiones 1-1,2 mm de largo y 0,5 mm de ancho. De color marrón oscuro para la ssp. *vulgare* y algo más claro para la ssp. *virens*.

El peso medio de una semilla varía de 0,08-0,10 mg en la ssp. *vulgare* y de 0,10-0,12 mg para la ssp. *virens*. Y el número medio de flores por planta oscila alrededor de 9.000.

1.2.1.12 Número cromosómico:

(Loon y Jong, 1978; Ietswaart, 1980; Fernandes y Leitão, 1985; Pastor Días et al., 1990; Martín, 1991)

Generalmente el número cromosómico establecido para ambas subespecies es $2n=30$, a excepción de algunas poblaciones de la ssp. *vulgare* que pueden presentar $2n=32$ el cual, muy probablemente, se debe a aneuploidías tetrasómicas. Ambas subespecies deben ser consideradas como diploides con un número básico $n=15$.

1.2.2 Subespecies: Características sistemáticas diferenciales.

Basándonos en las descripciones encontradas para ambas subespecies en la última revisión taxonómica del género *Origanum* aportada por Ietswaart en 1980 y, teniendo en cuenta la bibliografía más actual referente a este aspecto, así como nuestras propias observaciones, destacamos las siguientes características diferenciales entre ambas subespecies:

Descripción morfológica

| | <i>ssp. vulgare</i> | <i>ssp. virens</i> |
|------------------|--|--|
| Tallos | <ul style="list-style-type: none"> * Altura: 30-60 cm * ramas/tallo: 3,5(0,2-16) cm de largo. * Pelos: 1 mm de largo | <ul style="list-style-type: none"> * Altura: 60-100 cm * ramas/tallo: 1,5(0,2-10) cm de largo. * Pelos: 0,8 mm de largo |
| Hojas | <ul style="list-style-type: none"> * hasta 30 pares/tallo * 25(3-50)mm largo x 13(2-33)mm ancho * Pelos: 0,7 mm de largo * glándulas: 800/cm² | <ul style="list-style-type: none"> * hasta 25 pares/tallo * 17(3-35)mm largo x 9(1,5-22)mm ancho * Pelos: 0,5 mm de largo * glándulas: hasta 1000/cm² |
| brácteas | <ul style="list-style-type: none"> * 6(2-26) pares/espiga * 4(2-7)mm largo x 2(1-4)mm ancho * ovals, agudas, no apiculadas * algo más largas que el cáliz, pero sin duplicar su longitud * habitualmente (parcialmente) violáceas | <ul style="list-style-type: none"> * 7(3-22) pares/espiga * 6(3,5-11)mm largo x 4(2-7)mm ancho * casi ovals, apiculadas * dos veces más largas que el cáliz * habitualmente amarillo-verdosas, a veces ligeramente púrpuras |
| espigas | <ul style="list-style-type: none"> * 7(3-35)mm largo x 4(3-7)mm ancho | <ul style="list-style-type: none"> * 10(5-35)mm largo x 5(4-8)mm ancho |
| corola | <ul style="list-style-type: none"> * 7(4-10)mm largo * generalmente rosa púrpura, a veces blanca | <ul style="list-style-type: none"> * 8,5(7-11)mm largo * siempre blanca, rara vez coloreada de rosa |
| cáliz | <ul style="list-style-type: none"> * 3(2-4)mm de largo * lacinias ovals, agudas, y casi iguales entre sí | <ul style="list-style-type: none"> * 3,5(3-5)mm de largo * lacinias aovado-agudas |
| estigma | <ul style="list-style-type: none"> * desiguales y extendidos | <ul style="list-style-type: none"> * divergentes, doblados hacia fuera |
| estambre | <ul style="list-style-type: none"> * hasta 4 y 5 mm de largo * salientes | <ul style="list-style-type: none"> * hasta 4,5 y 5,5 mm de largo * no salientes |
| floración | <ul style="list-style-type: none"> * junio-noviembre | <ul style="list-style-type: none"> * mayo-agosto |
| semilla | <ul style="list-style-type: none"> * color: marrón oscuro * peso: 62 mg/1000 semillas | <ul style="list-style-type: none"> * color: algo más claro * peso: 85 mg/1000 semillas |

Estas características morfológicas son suficientes para diferenciar individuos de las dos subespecies. Además, ambas subespecies presentan un espectro de distribución, tanto mundial como en la Península Ibérica, diferente, destacando la gran amplitud geográfica de la *ssp. vulgare*, que detallaremos más adelante en el apartado 1.5.3.

Asimismo, al practicar ensayos físicos y químicos, como son pruebas de germinación y análisis del aceite esencial, se obtuvo información suficiente para permitir diferenciar más claramente a las dos subespecies entre sí, según presentamos en los apartados 4.1.3 y 4.3.8.4.

1.2.3 Híbridos: descripción morfológica

(Ietswaart, 1980; Xifreda, 1983; Tucker y Rollins, 1989; Valdés, 1990)

Según los parentales que se cruce obtenemos los siguientes híbridos, tres han sido descritos en la bibliografía para la ssp. *vulgare* y uno para la ssp. *virens*.

1.2.3.1 *Origanum x majoricum* Cambessedes:

* Resultante del cruzamiento entre *O. majorana* L. y *vulgare* L. ssp. *virens* (Hoffm. et Link) Jost.

* Sinónimos: *Majorana majorica* (Cambessedes) Briquet, *Amaracus majorica* (Cambessedes) Sampaio

O. balearicum Pourret ex Lange

O. lusitanicum Rouy, *O. majoricum* Cambessedes var. *lusitanicum* Rouy, *Majorana majorica* (Cambessedes) Briquet var. *lusitanica* (Rouy) Coutinho.

O. paui Martínez.

* Nombre vulgar: en la provincia de Alicante recibe la denominación de Orégano de Biar.

Descripción morfológica:

En la Figura 1.2.3.a se presenta un dibujo de un cáliz.

Se asemeja a su parental *O. majorana* en su olor y follaje, y a su otro parental, la ssp. *virens*, en su resistencia, facilidad de cultivo y su aspecto general, aunque las espigas de este híbrido son más pequeñas, con flores algo aplastadas y cálices bilabiados hasta dos quintas partes. Tallos erguidos de hasta 60 cm de largo, variablemente hirsutos, tomentosos (pelos de 0,5 mm de largo), ramificados en la parte superior. Las hojas son opuestas, ovaladas, vellosas, pecioladas, pequeñas de 9 x 5 mm. Las espigas generalmente son cilíndricas llegando a los 20 mm de largo por 5 mm de ancho. Brácteas verdes de 4 x 3 mm, inconspicuamente punctatas. Dos flores por verticilastro, blanco-rosadas que están agrupadas en pequeños y apretados ramilletes,

Descripción morfológica

reunidos a su vez en panojas, sumidades floridas que los agricultores de la provincia de Alicante llaman "gusano", por su parecido con las orugas de algunos lepidópteros.

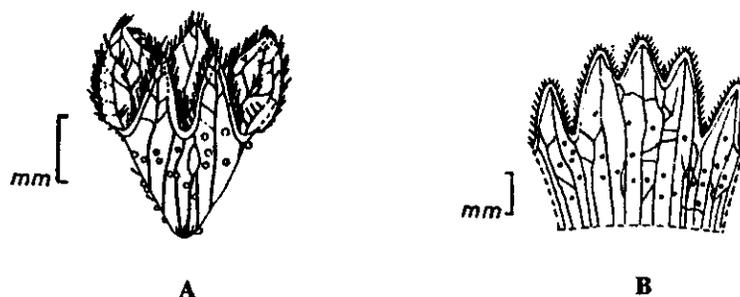


Fig. 1.2.3.a: *O. x majoricum* Cambess.: A) cáliz con los labios superior e inferior (Tucker y Rollins, 1989); B) corte transversal del cáliz por su labio inferior (Iestwaart, 1980).

Los cálices más o menos tubulares, de 3,5 mm de largo; los labios superiores con dientes más o menos deltoides que comúnmente miden 0,4 mm de largo; los dientes de los labios inferiores más cortos o casi tan largos como los de los labios superiores, algunas veces subenteros, generalmente son dientes triangulares de 0,7 mm de longitud; garganta pilosa. Corola bilabiada de 2,5-6 mm de larga, blanca. Los estambres poco desarrollados hasta aparentemente bien desarrollados; los filamentos alcanzan hasta 2,5 mm de longitud.

Este híbrido es endémico de las Islas Baleares, cerca de Inca (Mallorca) y de algunas zonas de la Península Ibérica, como en la provincia de Alicante, concretamente en la comarca del Alto Vinalopó, y en otras zonas de Portugal, como Vila Franca y Santarem; zonas donde la ssp. *virens* es autóctona al tiempo que el *O. majorana* habita en ellas de forma subespontánea, como cimarrona de antiguos cultivos.

Tucker y Rollins (1989) describen una variedad de este híbrido que se cultiva en los Estados Unidos de América, que aún no ha recibido un nombre y, por ello, ambos autores proponen la denominación de *Origanum x majoricum* Cambess. "Well-Sweep", ya que este cultivar se originó en el vivero Well-Sweep en Port Murray, New

Jersey. En la Figura 1.2.3.b se presenta un tallo florido de esta variedad.



Fig. 1.2.3.b: Tallo florido de *O x majoricum* var. "Well-Sweep" (Tucker y Rollins, 1989).

1.2.3.2 Origanum x applii (Domin) Boros:

- * Resultante del cruzamiento entre *O. majorana* y *O. vulgare* L. ssp. *vulgare*.
- * Sinónimos: *O. paniculatum* Koch y *Majorana paniculata* (Koch)Spenner
O. heracleoticum hort.
- * Nombres vulgares: orégano, orégano común, orégano del país, mendozino.

Descripción morfológica:

En la Figura 1.2.3.c se presenta un dibujo detallado de este híbrido.

Es un híbrido de características intermedias entre sus especies parentales. Sufrútice aromático de 50-70 cm de alto. Con tallos erguidos, más o menos

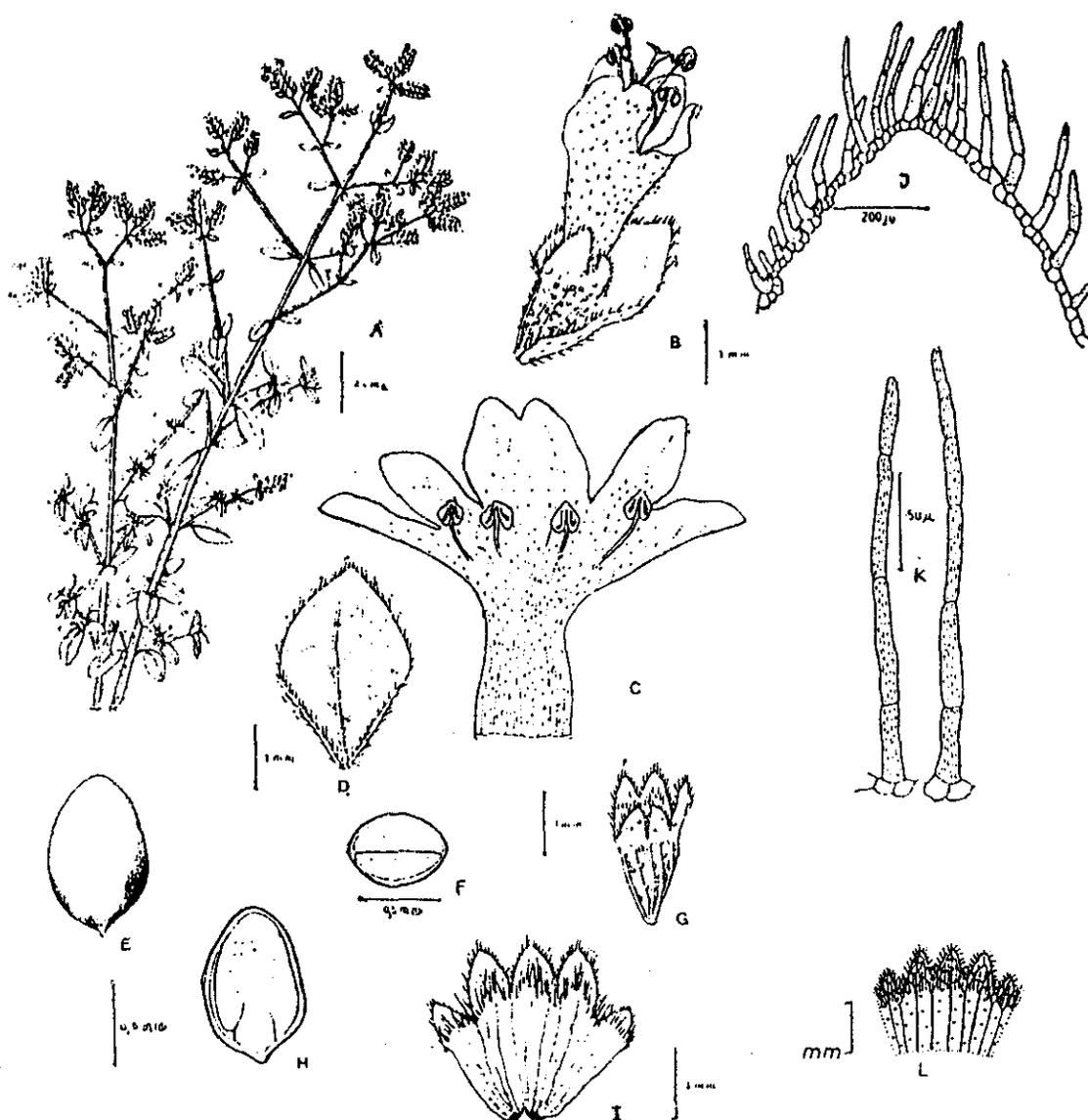


Fig. 1.2.3.c: *Origanum x applii*: A) rama; B) flor con bráctea; C) corola abierta; D) bráctea cara ventral; E) clusa cara ventral; F) clusa en corte transversal; G) cáliz; H) clusa abierta mostrando el embrión; I) cáliz abierto; J) borde de un diente calicino; K) pelos del carpotegio (según Xifreda, 1983) L) corte transversal del cáliz por el labio inferior (según Iestwaart, 1980).

tomentosos, con pelos simples antrorsos y pelos capitados, de 0,5 mm de largo. Hojas

con peciolas de hasta 4 mm de longitud, de borde entero a subdentadas, aovadas a elípticas, obtusas de 15(8-20)mm largo x 10(3-9)mm ancho, verde glaucas a verde claras, recubiertas de pelos simples numerosos y pelos glandulares entremezclados, nervaduras salientes hacia la cara abaxial.

Inflorescencias erectas de cimas muy contraídas, a modo de espigas terminales densas, cilíndricas a oblongas de 1-4 cm de longitud. Dos flores por verticilastro. Brácteas foliáceas obovado-romboidales, 4 x 2 mm, verdosas, a veces ligeramente purpúreas, que apenas exceden el cáliz, con pubescencia semejante a la de las hojas y además con pelos en el borde.

Cáliz infundibuliforme, achatado, con dos labios: el labio superior ensanchado, de 2,5-3 mm de longitud, glanduloso y pubescente, con tres dientes subtriangulares anchos, obtusos, de 0,5 mm de longitud; el labio inferior es bidentado, con dientes más estrechos y ligeramente más cortos que los del labio superior. Todos los dientes con pelos hispídos y largos en los bordes. Entre ellos sobresalen los tricomas que forman el carpostegio¹, 4-5 celulares, de 350-580 μm de longitud.

Corola rosada, raramente blanca, de 4,5-6 mm de largo, externa e internamente vellosa, de tubo más corto que el cáliz, bilabiada: el labio superior emarginado, labio inferior dividido en tres lóbulos obtusos. Estambres inclusos, apenas desarrollados o bien exertos y desarrollados; los superiores de 2,5 mm de largo, los inferiores de 4 mm de largo, anteras rosadas de tecas divergentes.

Estilo de 5 mm de largo, con ramas estigmáticas subiguales. Núculas de 0,8-1 mm de largo, elipsoide-triángulas, finamente granulosas, castaño-rojizas, con diminutas glándulas blanquecinas en la base de la cara ventral. Embrión con cotiledones ovalados

¹ En algunos especímenes estudiados por Xifreda (Xifreda, 1983), los cálices presentan 5 dientes subiguales y excepcionalmente un pequeño diente supernumerario.

Descripción morfológica

subiguales.

Este híbrido espontáneo ya era conocido en el centro y oeste de Europa antes de que el investigador Appl (1928) proporcionara información acerca de la forma en la cual, diversas características morfológicas diferenciales entre las especies parentales (tales como la longitud de las ramas, longitud y densidad de espicastro, pubescencia, forma y color de las hojas), se segregaban en individuos de la generación F₂ obtenida artificialmente.

Es un híbrido parcialmente fértil y produce semillas viables que germinan rápidamente en condiciones experimentales, como ya lo observaba Appl (1928) que cultivó una F₂ numerosa. En Argentina, país en el cual se cultiva, la propagación se realiza, generalmente, por vía agámica, por división de matas.

La proporción de granos de polen en cuanto a su fertilidad, a juzgar por su tinción en mezcla de Muntzing², tanto como a su tamaño, varía de individuo a individuo.

Este híbrido se cultiva en América del Sur, desde Perú y norte de Chile, cerca de Valparaiso, Paraguay, hasta Argentina. En este último país se encuentra muy difundido, desde las provincias de Jujuy y Misiones hasta la de Buenos Aires. Florece de noviembre a enero.

1.2.3.3 *O. vulgare* L. ssp. *vulgare* x *Thymus* spp:

En la Figura 1.2.3.d se presenta un dibujo detallado del cáliz de este híbrido.

La mayoría de los ejemplares se asemejan a *O. vulgare* ssp. *vulgare*, pero con

² Mezcla de Muntzing compuesta por carmín acético 1: glicerina 1.

más ramas y éstas más delgadas, espigas más pequeñas y cálices bilabiados divididos hasta las dos quintas partes. Tallos hasta 45 cm de largo, más o menos pilosos (pelos de 1 mm de largo). Hojas más o menos pilosas, de 11 x 7 mm. Las espigas son ovoideas o (sub)globosas, de 4 x 4 mm. Las brácteas, de 3 x 2 mm, verdes o ligeramente púrpuras.



Fig. 1.2.3.d: *O. vulgare ssp. vulgare* x *Thymus spp*: Corte transversal del cáliz por su labio inferior (Iestwaart, 1980).

Presentan dos flores por verticilastro. Los cálices de forma ligeramente tubular, de 2 mm de largo; los labios superiores con dientes deltoides, comunmente de 0,3 mm de largo; los labios inferiores casi tan largos como los superiores, consisten en dientes más o menos triangulares de 0,8 mm de largo; gargantas pilosas. Corolas bilabiadas divididas hasta dos quintas partes, de 5mm de largo y de color rosa. Estambres aparentemente bien desarrollados, sobresaliendo ligeramente o incluidos, hasta 3 mm de largo.

En su revisión taxonómica de 1980, Iestwaart considera que éste es un tipo de cruzamiento bastante hipotético pues, a pesar de que el lugar en el que fueron recolectadas las muestras es bien conocido (Austria, cerca de Hard), este híbrido se detectó entre ejemplares de herbario referidos a *O. vulgare*. Por ello, este autor sugiere que se deberían realizar más investigaciones al respecto.

1.2.3.4 *O. syriacum* L var. *syriacum* x *O. vulgare* L ssp. *vulgare*:

* Resultante del cruzamiento entre *O. syriacum* L. var. *syriacum* y *vulgare* L. ssp. *vulgare*.

* Sinónimos: *O. maru* L. y *O. maru* L. var. *aegyptiacum* auct.

Descripción morfológica

Tucker y Rollins (1989) lo describen como un híbrido generado en jardines botánicos localizados en los Estados Unidos de América. Y según estos mismos autores, se diferencia de su progenitor, el *O. syriacum* en la forma del cáliz y en sus hojas de mayor tamaño.

Sin embargo, este híbrido no está contemplado, como tal, por Ietswaart en su revisión taxonómica del género *Origanum* publicada en 1980, sino como una variedad de la especie *syriacum* en la sección *Majorana*.

1.2.3.5 Otros híbridos:

Tucker y Rollins (1989) han observado otros híbridos cultivados en California (USA), a los que describen como híbridos poco frecuentes y no introducidos aún en los canales comerciales, y son:

* *O. vulgare ssp. hirtum* x *O. vulgare ssp. virens*

* *O. microphyllum* x *O. vulgare ssp. vulgare*

Debido al cultivo actual de las especies parentales, que antes se recogían silvestres, no es extraño, pues, que vayan surgiendo cruces interesantes, intencionados o accidentales. Ya Ietswaart (1980) afirmó en su revisión que es inevitable que surjan híbridos allí donde dos especies crecen juntas, ya sea tanto silvestre como en cultivo, como ha ocurrido en nuestros cultivos experimentales de *O. vulgare ssp. virens* contiguos a los de *O. majorana*.

1.2.4 Cultivares

Como consecuencia de que la ssp. *vulgare* se ha naturalizado en diferentes zonas de los Estados Unidos de América, incluyendo la región de California, han aparecido diversos cultivares, entre los que la bibliografía describe dos con hojas

"doradas".

1.2.4.1 *O. vulgare ssp. vulgare cv. "Aureum":*

Así llamado por ser uno de los varios cultivares que presenta hojas doradas y además por ser el primero definido con tal característica. Fue descrito por primera vez por Parkinson (1629) en su "*Paradisus Terrestris*".

La morfología que presenta es muy similar a la de la *ssp. vulgare*. Es una planta vigorosa que fácilmente cubre el suelo y mantiene su colorido luminoso a lo largo de casi todo el año. Es por tanto, una versión muy vigorosa y amarillo-verdosa de la *ssp. vulgare*. Cualidades que avalan su uso difundido como planta ornamental en jardines

1.2.4.2 *O. vulgare ssp. vulgare cv. "Dr. Ietswaart":*

Este es el segundo cultivar descrito con hojas doradas. En un principio, en la literatura lo encontramos bajo la denominación *O. aureum*, cediendo posteriormente dicha denominación al cultivar descrito anteriormente en el apartado 1.2.4.1, y aceptando su actual denominación, en honor al Dr. Ietswaart, a sugerencia de los investigadores Tucker y Rollins (1989).

Posee hojas pequeñas, redondeadas y plegadas, de color amarillo brillante en primavera, pero que se vuelven de color verde claro a medida que la estación avanza o si se plantan a la sombra. Para mantener su vigor, este cultivar requiere más atención.

En Inglaterra de este cultivar se encuentra muy difundido como planta ornamental al borde del jardines botánicos (Rollins, 1991).

Descripción morfológica

1.2.4.3 *O. vulgare* ssp. *vulgare* cv. "Humile":

Este cultivar también se conoce como *O. vulgare* "Compactum" o *O. "Compactum Nanum"* ³ (Rollins, 1989 y 1990). Es una forma enana que no llega a alcanzar más de 20 cm de altura, habitualmente alcanza los 8-10 cm. Presenta escasos tallos con flores, los cuales sobresalen del resto de las ramas llegando a alcanzar el doble de altura que éstas. Su corta altura le convierte en un excelente cubridor del suelo pues no muestra aparentes molestias cuando ocasionalmente se camina sobre él. La bibliografía cita a este cultivar como otro ejemplo de orégano producido con fines ornamentales.

1.2.4.4 otros cultivares:

Según Tucker y Rollins (1989) en los Estados Unidos de América se comercializan otros cultivares de *O. vulgare* ssp *vulgare* que presentan brácteas con diferentes tonalidades violetas, algunas veces bajo la denominación de *O. pulchellum* o cv. "Bury Hill" (Thomas, 1976). Otro ejemplo es el llamado "Huntington Postrate" originario del Jardín Botánico Huntington, en California.

³ No debe confundirse el cultivar de esta subespecie con el *O. compactum* Bentham, endemismo de área muy reducida de Andalucía y norte de Marruecos.

1.3 CARACTERISTICAS FITOQUIMICAS

1.3.1 Del aceite esencial:

(Gaviña y Torner, 1966 y 1974; Valdés, 1990).

El aceite esencial de orégano, procedente de *O. vulgare L.*, (*Oleum Origani*) es un líquido denso, transparente, de color variable del amarillo ambarino hasta el pardo. Su olor es agreste, parecido al de la mejorana, aunque más suave, aromático, alcanforado y herbáceo. El sabor es fuerte, amargo algo picante y astringente.

Al aceite procedente de *O. vulgare L.*, Gaviña y Torner (1974) le designan con el nombre de "aceite esencial de orégano genuino", para diferenciarle del nombre "aceite de orégano español" con que se conoce comercialmente, en el extranjero, el aceite esencial español de un tomillo de la sección *Pseudothymbra*, el *Corydothymus capitatus* Rechb. F. (= *Thymus capitatus* Hoffmg. et Link = *Satureja capitata* L.), por su semejanza con aceites de este tipo extranjeros, procedentes de *Origanum* spp.

Sin embargo, cuando se cita "aceite de orégano de Marruecos" sí pertenece a

Características fitoquímicas

plantas del género *Origanum*, referidas ordinariamente a la ssp. *virens* (Fenarolli, 1963).

En el extranjero, el aceite esencial recibe las siguientes denominaciones:

Alemania: Origanumöl

Francia: Essence d'Origan

Inglaterra: Oregano oil

Italia: Olio essenziale di Origano

En el idioma inglés (Heywood, 1984), el aceite procedente de *O. vulgare* es mucho más conocido por el término "oregano oil", mientras que los términos "wild marjoram oil" o "origanum oil" hacen referencia al aceite de especies del género *Thymus* y de su sección *Pseudothymbra*, respectivamente: *Thymus mastichina* y *Thymus capitata*.

Gaviña y Torner (1966) obtuvieron las siguientes características, de un promedio de muestras de aceite de la ssp. *vulgare* procedentes de la provincia de Cuenca:

* constantes físicas:

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Densidad a 20 °C: | 0,900 |
| Índice de refracción $[n]_D^{20}$: | 1,4871 |
| Poder rotatorio $[\alpha]_D^{20}$: | -19,01° |
| Solubilidad en etanol de 90%: | 0,4 vol |

* características químicas:

| | |
|----------------------------------|-------|
| Índice de ácido (I.A.): | 5,84 |
| Índice de saponificación (I.S.): | 39,02 |
| Índice de éster (I.E.): | 33,18 |
| pH: | 4 |

Estos mismos autores dan como componentes principales del aceite de *O. vulgare* los siguientes: Fenoles, concretamente carvacrol y timol comprendidos entre 0,1-68,1% y 2,2-24,3%, respectivamente; Hidrocarburos monoterpénicos, entre los que identificaron α -pineno y el p-cimeno; Alcoholes, ácidos y ésteres, entre los que se encontraron el linalol y el ácido palmítico; Sesquiterpenos.

Parry (1962) opinó que los aceites, bajo la denominación de "orégano" provenían de un grupo de especies próximas pertenecientes a la Familia *Labiatae*, siendo en unos casos el timol el constituyente principal, y el carvacrol en otros.

Ietswaart en su Revisión Taxonómica del género *Origanum* (1980) sostiene que "los datos químicos son demasiado fragmentarios como para ser usados como criterios para delimitar las especies de *Origanum*", y por ello, en sus descripciones botánicas no hace mención a los aceites esenciales.

Más adelante, en el apartado 4.3.8.4 del Capítulo de Resultados y Discusión, presentamos, de forma detallada, los resultados originales experimentales sobre la composición química del aceite esencial, de clones cultivados, pertenecientes a las dos subespecies de *O. vulgare* L. aquí estudiadas.

A partir de estos resultados obtenidos y, concordantes con la bibliografía consultada, observamos que el aceite esencial de la ssp. *vulgare* se caracteriza por tener un pobre contenido en carvacrol; ésto le proporciona un sabor y olor más moderado que facilita su uso en alimentación y perfumería como saborizante y aromatizante de "nota suave", más adecuado al gusto europeo y norteamericano.

Sin embargo, el aceite procedente de la ssp. *virens*, tiene un rendimiento y calidad de esencia y aroma que, según los expertos, es de los mejores del mundo. Nuestros resultados experimentales (Aldudo et al., 1995) permitieron deducir la

1.4 ECOLOGIA

Los datos que nos han proporcionado información ecológica (substrato, altitud y climatología) proceden de la bibliografía, etiquetas de herbario consultadas, así como de las características de la prospección e inventario de estas subespecies realizadas en el antiguo Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). Estos datos los presentamos de forma extensa y detallada en el apartado 7.1: Anexo-I bajo el epígrafe de "Otros datos originales",

1.4.1 Substrato y suelo:

Del conjunto de todas estos datos, deducimos que ambas subespecies prosperan bien en diversidad de suelos, de secos a bastante húmedos, sueltos, silíceo-arcillosos, francos y calcáreos, que sean permeables, también en los arcillo-arenosos e inclusive en terrenos pizarrosos y en los desarrollados en lugares áridos. Prefiere los suelos frescos, ricos en materia orgánica, neutros o ligeramente ácidos de zonas nitrófilas y tierras pardas húmedas. Respecto a la acidez o basicidad del suelo, la ssp. *vulgare* es indiferente, mientras que la ssp. *virens* los prefiere ligeramente ácidos, que predominan

en regiones del norte, centro, sur y oeste de la Península Ibérica; estos hechos quedan reflejados en el mapa de distribución de ambas subespecies que veremos más adelante en el apartado 1.5.

Son dos subespecies más plásticas que el *O. majorana* L. que exige suelos básicos o neutros.

1.4.2 Altitud:

La ssp. *vulgare* habita en altitudes que oscilan desde los 0-3.000 m, mientras que la ssp. *virens* lo hace desde los 0-2.000 m. Dentro de este amplio rango de altitudes, en las más bajas localizamos a ambas subespecies en setos de bordes de camino, márgenes de cultivos, fondos de barranco, bordes de arroyo, pedregales, ribazos, en pastizales sobre rocas calizas, ascendiendo por valles meridionales, cunetas de pistas, bosques aclarados, desmontes y taludes, colinas, extendiendo su presencia en el piso montano, donde se refugia en las áreas más térmicas con exposición sur y, menos frecuente, en el piso subalpino, donde ocupa los pies de cantiles solanos y laderas herbáceas del bosque húmedo.

En la Península Ibérica y, a partir de los datos presentados en el Anexo-1, observamos que la ssp. *vulgare* ocupa las clases altitudinales de 0 m (20 m s.n.m. en Ispaster, Bilbao) a 2.000 m (Eriste, Huesca); sin embargo, disminuye drásticamente su presencia por encima de los 1.400 m encontrándose el mayor número de citas entre los 600-1.200 m.

Por otro lado, la ssp. *virens* ocupa las clases altitudinales de 0 m (franja N y S de Mallorca, Cabo Udra en Pontevedra) a 1.700 m (Sierra de Peñarredonda, Teruel). Disminuye drásticamente su presencia por encima de los 1.200 m; y el mayor número

de citas se encuentra entre 400-1.000 m.

1.4.3 Clima:

Encontramos a ambas subespecies en zonas de clima templado y clima de montaña, siendo sus pisos bioclimáticos óptimos el mesomediterráneo y el termomediterráneo, según la clasificación de Rivas (1981). Predomina la presencia de la subespecie *vulgare* en zonas soleadas, desprovistas de especies arbustivas o arbóreas, mientras que la ssp. *virens* en las parcialmente sombrías y, frecuentemente, en lugares umbríos formando parte del sotobosque. En zonas superiores la encontramos buscando orientaciones termófilas: en pendientes orientadas al sur y al mediodía de bosques. Ambas subespecies resisten bien las heladas, sobre todo la ssp. *vulgare*.

En las altitudes más inferiores encontramos a ambas subespecies en orlas forestales, pastos secos, habitando en tomillares y romerales; en las áreas más frescas y húmedas de montaña, y según la naturaleza y pH del suelo, en claros de quejigal y bujedos, pies de cantil, rebollares, como planta nemoral de bosques de robles, encinas y castaños o etapas aclaradas de los mismos.

1.5 AREA GEOGRAFICA NATURAL

1.5.1 Fuentes de información:

Las fuentes de información, a partir de las cuales se han recopilado las citas han sido las siguientes:

* En la mayor parte de los casos (88%) son bibliográficas, procedentes fundamentalmente de las Bibliotecas del Real Jardín Botánico de Madrid, del Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas y Facultad de Farmacia, ambas de la Universidad Complutense de Madrid, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (CIT-INIA), y, en no pocos casos, en la Biblioteca particular del Dr. D. Fernando Muñoz López de Bustamante, así como la del Dr. D. Jacobo Ruiz del Castillo.

La mayor parte de estas fuentes fueron Floras, Catálogos, Inventarios,

Area geográfica natural

Estudios agrobiológicos, florísticos y fitosociológicos, etc... hasta totalizar 212 publicaciones consultadas.

* Se han consultado los Herbarios del Real Jardín Botánico de Madrid (MA), del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (MAIA), de la Facultad de Ciencias Biológicas (MACB) y de la Facultad de Farmacia (MAF), éstas dos últimas pertenecientes a la Universidad Complutense de Madrid.

* Se han utilizado abundantes Comunicaciones Personales que revelaron datos no publicados hasta la fecha. Estos datos inéditos son el resultado de observaciones directas en viajes y que, amable y desinteresadamente, me fueron cedidos por el Dr. D. Fernando Muñoz López de Bustamante, que ayudaron a completar la información de algunas provincias como Badajoz, Cádiz, Cáceres, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, Guadalajara, Jaén, Lérida, León, Málaga, Sevilla, Tarragona, Toledo y Zaragoza.

1.5.2 Organización de la información referente a las citas:

La toma de datos tiene como finalidad obtener un número de citas de localidad suficientemente grande como para que la muestra sea representativa de toda la superficie ocupada por nuestras dos subespecies objeto de este estudio.

En el apartado 7.1: Anexo-I se presentan todas las citas utilizadas en este estudio (1.518), de las cuales, 1.432 se localizan sobre territorio español (Ver apartado 7.1.1), 86 se localizan en Portugal (Ver apartado 7.1.2) y las 186 restantes se localizan en Africa, Asia y en diversos países europeos (Ver apartado 7.1.3).

1.5.2.1 En territorio español:

En el apartado 7.1.1 del Anexo-I presentamos la información, concerniente al territorio español, distribuida en ocho columnas, cada una de ellas encabezada por los siguientes epígrafes:

Nº: número de orden asignado a cada cita y que se corresponde con el mapa presentado en el apartado 7.2: Anexo-II.

PR: Iniciales de la provincia correspondiente a la cita, según el código de abreviaturas empleado por la Dirección General de Tráfico.

SSP: Nos diferencia las dos subespecies que estudiamos. Se asignaron dos tipos de símbolos diferentes según la fuente que proporcionó la cita;

●, ■: ssp. *vulgare*

○, □: ssp. *virens*

a su vez, cada signo se presenta en dos colores diferentes, correspondiendo cada uno a una subespecie diferente:

○, ●: cita bibliográfica

□, ■: cita de herbario

LUGAR: Descripción de la ubicación en la cual se han citado cada subespecie estudiada, aportando la mayor información posible para su posterior localización cartográfica.

UTM: En esta columna se facilitan las coordenadas UTM del lugar en cuestión, así como otro tipo de información, como es el caso de comarcas, sierras o nombre de la isla, que proporciona una ayuda para la localización de la cita.

OTROS DATOS ORIGINALES: Bajo este epígrafe se anotó la información ecológica variada mencionada por el autor de la cita, y que incluye datos tales como número de pliego de los testimonios de herbario, litología, edafología, vegetación actual y potencial, fitosociología, tipología,

biogeografía, ombroclima y termoclima.

ALTITUD: Se incluye el dato o rango de altitudes en los que se sitúan las citas.

REF.: Proviene de la abreviatura "Referencia". Este número se corresponde con la publicación que proporcionó la cita. En el Capítulo 6: Bibliografía, al final de ciertas referencias figura este mismo número en negrita y entre paréntesis.

La información proporcionada por las fuentes ha sido particularmente cuidada, así, una vez recopilada toda la información, ésta se depuró eliminando aquellas citas que estaban claramente repetidas, la mayoría de las veces provenientes de diferentes trabajos del mismo autor. Posteriormente cuando la lista de citas definitiva estuvo confeccionada y ordenada alfabéticamente, según la provincia a la que pertenecen, comenzó el trabajo de localización de las mismas, siempre que fue posible, en mapas de escala 1:400.000, y muchas veces en escala 1:50.000, para posteriormente ser transferidos al Mapa de España (E: 1:1.000.000) del Instituto Geográfico Nacional, que fue elegido como base para la situación de éstas.

Sin embargo, la búsqueda continuada de nuevas citas y su incorporación, cuando el listado de las mismas ya estaba ordenado y se había iniciado el trabajo de localización y transferencia al Mapa de España, dio lugar a que las últimas 266 figuren intercaladas entre números con orden más bajos, para dar prioridad a su orden alfabético por provincias y facilitar posteriores consultas sobre su localización y posible ampliación en cada provincia.

En muchos casos la cita bibliográfica no proporcionaba información referente a las coordenadas UTM, "Otros datos originales" y altitud, lo que explica que en dicho Anexo-I se observen líneas en blanco bajo los correspondientes epígrafes.

En la columna de referencia se citan un total de 212 fuentes que fueron, una a una, efectiva y detalladamente consultadas. En este total no se han incluido las referencias de otras muchas publicaciones que también fueron revisadas, pero que no proporcionaban información de interés. Igualmente se eliminaron las reseñas bibliográficas de las citas repetidas.

Por otro lado, hemos de puntualizar que los cuatro símbolos empleados para diferenciar, tanto ambas subespecies entre sí, como el origen de la fuente que proporcionó la cita, fueron, a su vez, utilizados en tres escalas distintas sobre el Mapa de España (E: 1:1.000.000) elegido como base para situar dichas citas.

Estos tres tipos de escalas en ningún momento hacen alusión a un mayor o menor grado de abundancia de una subespecie determinada en una zona concreta. Por el contrario, responden a la mayor o menor extensión de la zona donde la fuente de información cita a una subespecie concreta.

Así, los símbolos empleados a escala pequeña indican una cita localizada en una zona puntual (caseríos, aldeas, puertos de montaña, pueblos, capitales de Partido Judicial, capitales de provincia). Los símbolos utilizados a escala intermedia señalan la presencia de una subespecie en una zona extensa (comarca, paraje, valle, monte, dehesa). Finalmente, los símbolos dibujados a mayor escala representan la ubicación de citas en zonas superiores a los 10 km² (montañas, sierras, macizos).

1.5.2.2 En Portugal:

En el apartado 7.1.2 del Anexo-I se presenta el conjunto de citas localizadas en este territorio, comprendido dentro de la Península Ibérica. En este caso, la información viene distribuida en seis columnas, cada una de ellas encabezada por los siguientes epígrafes:

Nº: número de orden asignado a cada cita y que se corresponde con el mapa presentado en el apartado 7.2: Anexo-II.

PR: Denominación de la provincia correspondiente a la cita.

SSP: Se asignaron los mismos símbolos que los ya descritos en el apartado 1.5.2.1.

LUGAR: Descripción de la ubicación en la cual se han citado cada subespecie estudiada, aportando la mayor información posible para su posterior localización cartográfica.

OTROS DATOS ORIGINALES: Se engloba información ecológica variada proporcionada por el autor de la cita, como son la altitud, grado de abundancia y número de pliego de los testimonios de herbario.

REF.: Número asignado a la fuente bibliográfica que proporcionó la cita y que se corresponde con el dado al final de cada referencia bibliográfica, en negrita y entre paréntesis, del Capítulo 6.

Todas las citas localizadas en este territorio se presentan ordenadas, tanto en el listado presentando en el Anexo-I como en el Mapa del Anexo-II, bajo el número de orden asignado por la columna "Nº".

1.5.2.3 En el resto del mundo:

En el apartado 7.1.3 del Anexo-I se presenta el conjunto de citas localizadas en Asia, Africa y otros países europeos no mencionado, hasta el momento, en este trabajo. La información se presenta agrupada en las siguientes columnas:

PAIS: Las localizaciones de las citas se presentan agrupadas alfabéticamente por continentes y, dentro de éstos, por países en los que citaron a ambas subespecies.

SSP: Se asignaron los mismos símbolos que los ya descritos en el apartado 1.5.2.1.

OTROS DATOS ORIGINALES: En esta columna se presenta información, tanto ecológica como geográfica, proporcionada por el autor de la cita y se incluye el número de pliego de los testimonios de herbario.

REF:: Fuente bibliográfica de la cita. Este número se corresponde con el que aparece en el Capítulo 6: Bibliografía, al final de cada referencia, en negrita y entre paréntesis.

1.5.3 Estudio de los resultados:

1.5.3.1 Distribución mundial:

La especie *O. vulgare* L. presenta, y con diferencia, la distribución más amplia de todas las especies pertenecientes al género *Origanum*.

En el mapa siguiente se muestra la distribución mundial, diferenciando ambas subespecies *vulgare* y *virens* mediante líneas de diferentes colores. En la Península Ibérica la línea discontinua en rojo comprende la zona de distribución geográfica de la ssp. *virens* dentro de la cual existen pequeños rodales dispersos de la ssp. *vulgare*. Para la confección de dicho mapa se tomó, como referencia base, la distribución mundial dada para ambas subespecies por Iestwaart en su Revisión Taxonómica del género *Origanum* (1980, pag. 121), añadiendo información aportada por las siguientes fuentes bibliográficas:

- Asia: Formosa: Huang et al., 1971
 India: Hooker, 1885
 Ver Anexo-I (Apartado 7.1.3)
- Europa: Andorra: Bouchard, 1981

Islas Azores: Palhinha, 1966
Bulgaria: Xifreda, 1983
Francia: MAF; Xifreda, 1983
G. Bretaña: MAF; Xifreda, 1983
Grecia: Kokini et al., 1990; Strid y Tan, 1991
Holanda: Iestwaart, 1984
Hungria: Xifreda, 1983
Italia: MAF; Xifreda, 1983;
Noruega: Granmo, 1982
Suiza: Xifreda, 1983
España y Portugal: ver Anexo-I (Apartados 7.1.1 y 7.1.2) sobre la distribución de la ssp. *vulgare* y *virens* en España.
Otras generales: Pereira Coutinho, 1913; Tutin et al., 1972; Flahault, 1937; Boulos, 1983; Fenaroli, 1963; Herbario J.A. Cavanilles de Madrid (MA).
Ver Anexo-I (Apartado 7.1.3).

Dentro de esta especie, la ssp. *vulgare* presenta una dispersión Eurasiática, extendiéndose por la parte septentrional del área de distribución de la especie, desde Inglaterra y los Países Escandinavos y, a través de Europa, hasta Asia y Taiwan, siendo frecuente en ambos continentes.

Debido a que se encuentra escaso material de herbario, así como de citas bibliográficas procedentes de Asia Oriental, parece ser que esta subespecie no habita frecuentemente esta zona. Por el contrario, su presencia en USA y Canadá está comprobado, al menos desde la época de Linnaeus, que es el resultado de haber sido introducida, en la región de la Alta California, por misioneros y colonos españoles a partir del siglo XVI (Rollins, 1989 y 1991).

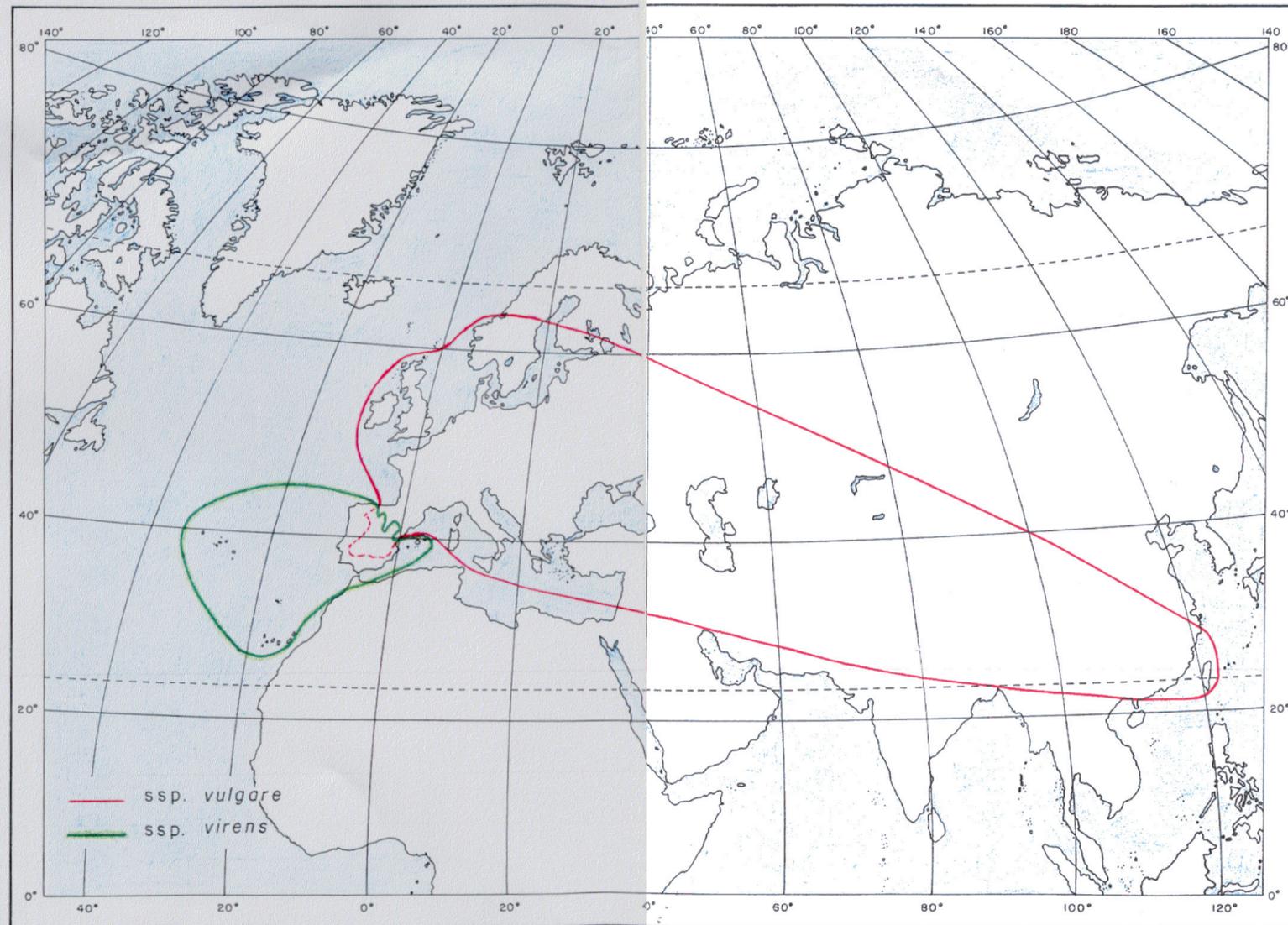
El hábitat más boreal de esta subespecie se encuentra en Ofoten (Noruega) gracias al hallazgo en el valle de Rándalen, a 150 m.s.m. (Lat. 68° 20'N; Long 17° 31'E) que Granmo comunicó en 1982.

Por el contrario, la ssp. *virens* presenta una dispersión macaronésica ocupando

DISTRIBUCION MUNDIAL DE *Origanum vulgare* L.
ssp. *vulgare* y ssp. *virens* (Hoffmanns. et Link) J.

PALOMA ALDUDO MARTIN

Dibujo: Jesús de Miguel y del Angel



el extremo sur-occidental del área de la especie, desde Canarias, Madeira y Azores, Península Ibérica y Noroeste de Africa hasta Baleares. No está aún claro si la presencia de esta subespecie en la zona más occidental de su habitat, es decir, en los tres grupos de islas mencionados al principio del párrafo, es o no espontánea. Según Iestwaart (1980) posiblemente haya sido introducida en dicha zona.

1.5.3.2 Distribución en España y Portugal:

En el Anexo-II se presenta un mapa de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias, sobre el cual se situaron las localidades de cada una de las citas recopiladas, y ya presentadas en el Anexo-I, para confeccionar la distribución de ambas subespecies. La numeración dada a cada cita en el mapa corresponde a la utilizada en el Anexo-I.

Para la elaboración de dicho mapa se eligió como base el Mapa de España (E: 1:1.000.000) del Instituto Geográfico Nacional. En el mapa siguiente se presenta una copia, a escala reducida para facilitar la perspectiva de la distribución natural de ambas subespecies. Además, en dicha reducción, se presentan unas superficies sombreadas en tres colores que constituyen lo que denominamos "superficie de predominio" para cada una de las dos subespecies aquí estudiadas y "superficie de convivencia" conjunta de ambas subespecies.

Observamos que la ssp. *vulgare* predomina en todo el norte y nordeste de la Península Ibérica, mientras que la ssp. *virens* lo hace en el noroeste, centro y surdeste de la misma, además de las Islas Canarias y Baleares.

López (1970) citó a la ssp. *virens* en Navarra media (Lat. 42°55', Long. 1°48'), indicando que tales localidades señalaban el límite septentrional de distribución de esta

Area geográfica natural

subespecie.

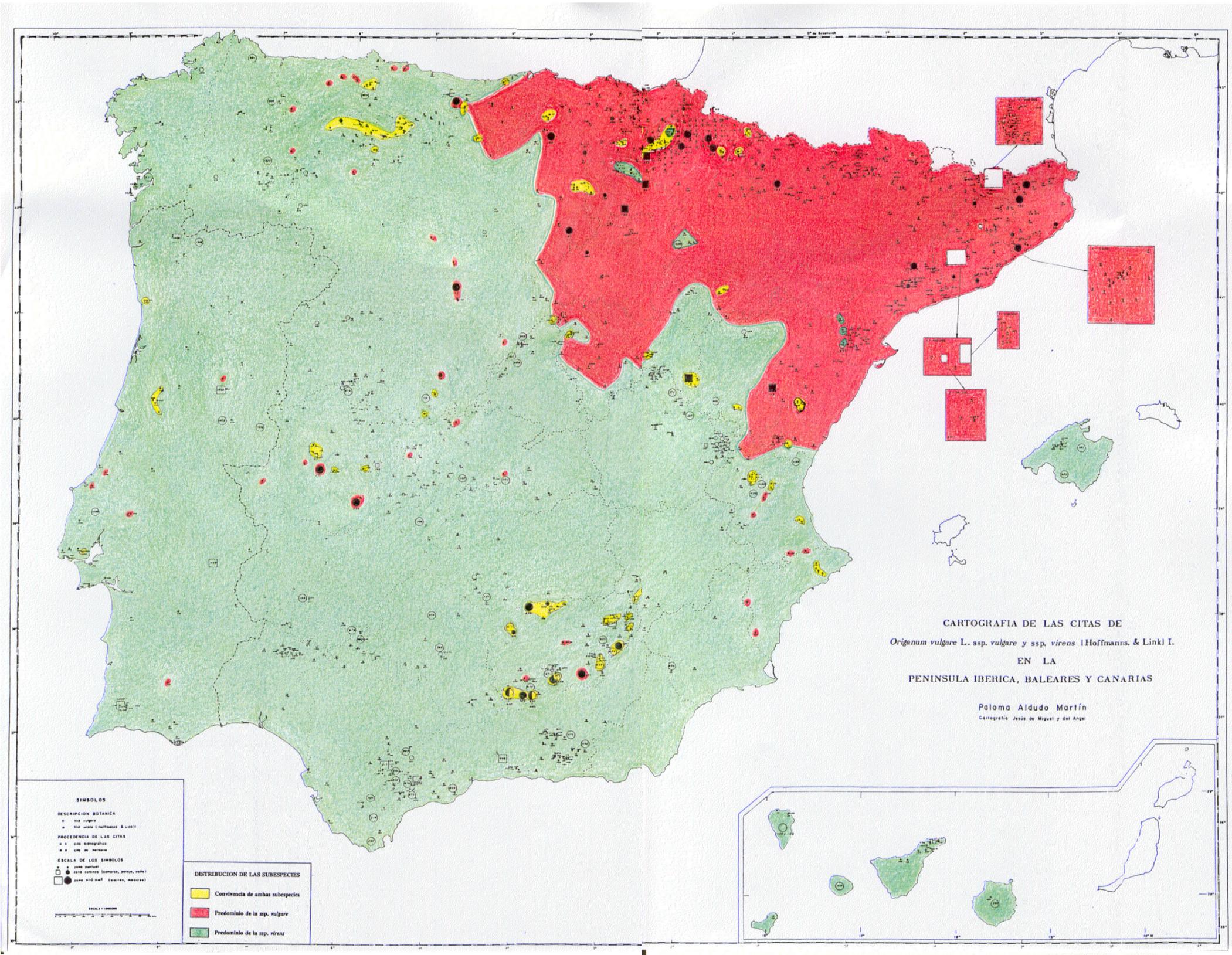
Todas las fuentes de información, mencionadas en el apartado 1.5.1, han proporcionado citas de ambas subespecies, ya sea por separado o conjuntamente, en cada una de las 50 provincias que constituyen el territorio español.

Según se desprende en la Tabla 1.5.3.2.a, se han encontrado citas de ambas subespecies en 21 provincias, al tiempo que en 20 provincias sólo se ha recopilado información de la *ssp. virens*, mientras que solo 9 provincias aportaban citas exclusivamente de la *ssp. vulgare*.

| Ambas subespecies (21) | <i>ssp. virens</i> (20) | <i>ssp. vulgare</i> (9) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Alava | Almería | Barcelona |
| Alicante | Badajoz | Gerona |
| Albacete | Cádiz | Guipúzcoa |
| Avila | Ciudad Real | Huesca |
| Burgos | Córdoba | Lérida |
| Cáceres | Coruña | Soria |
| Castellón | Cuenca | Tarragona |
| Guadalajara | Gran Canarias | Valladolid |
| Jaén | Granada | Vizcaya |
| León | Huelva | |
| Logroño | Lugo | |
| Madrid | Málaga | |
| Navarra | Mallorca | |
| Oviedo | Murcia | |
| Palencia | Orense | |
| Santander | Pontevedra | |
| Segovia | Salamanca | |
| Teruel | Sevilla | |
| Toledo | Tenerife | |
| Valencia | Zamora | |
| Zaragoza | | |

Tabla 1.5.3.2.a: Distribución nacional, por provincias, de ambas subespecies.

Con respecto a su distribución por Comunidades Autónomas, no se han encontrado citas de la *ssp. vulgare* en Canarias, Baleares, Andalucía (con la excepción de Jaén), Galicia y Murcia. Por el contrario, la *ssp. virens* no ha sido citada en



CARTOGRAFIA DE LAS CITAS DE
Origanum vulgare L. ssp. *vulgare* y ssp. *virens* (Hoffmanns. & Linkl.)
 EN LA
 PENINSULA IBERICA, BALEARES Y CANARIAS

Paloma Aldudo Martín
 Cartografía Jesús de Miguel y del Ángel

SÍMBOLOS

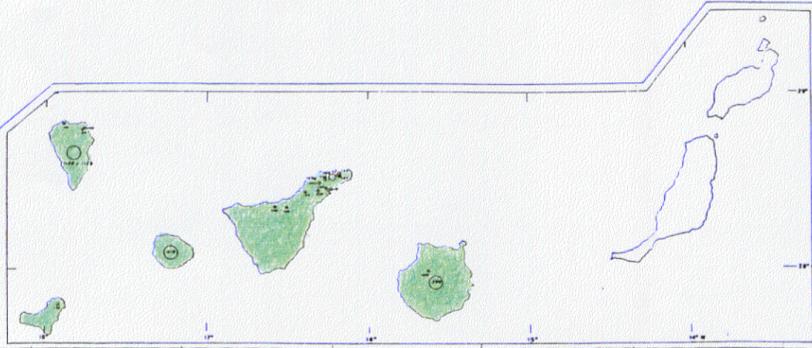
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA
 * ssp. *vulgare*
 * ssp. *virens* (Hoffmanns. & Linkl.)

PROCEDENCIA DE LAS CITAS
 ● ssp. *vulgare*
 ● ssp. *virens*

ESCALA DE LOS SÍMBOLOS
 ● ssp. *vulgare*
 ● ssp. *virens* (Hoffmanns. & Linkl.)
 ● ssp. *vulgare* (Hoffmanns. & Linkl.)

DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESPECIES

● Convivencia de ambas subespecies
 ● Predominio de la ssp. *vulgare*
 ● Predominio de la ssp. *virens*



Cataluña y en el País Vasco solamente en Alava.

El número de citas encontradas, para ambas o alguna de las dos subespecies estudiadas, ha sido muy escaso en Zamora, Valladolid, Segovia, Almería, Murcia, Alicante, Soria, Logroño y Palencia, habiéndose localizado en ellas solamente 5, 5, 6, 1, 4, 7, 7, 6 y 9 respectivamente. Consideramos que estos datos no se deben interpretar, salvo en el caso de Almería, como una escasa presencia de estas subespecies en dichas provincias; sino que, por el contrario, indican que estas provincias han sido poco estudiadas y herborizadas.

En cambio, en otras provincias como Cáceres, Cuenca, Huesca, Jaén, León, Navarra y en las cuatro de Cataluña se han localizado un alto número de citas, probablemente debido a la proximidad de determinadas áreas o centros académicos con actividades botánicas intensas o, por la abundancia de viajes botánicos realizados en dichas áreas.

1.5.4 Interés científico y práctico de este estudio:

Es evidente el interés científico que supone el conocimiento del inventario y distribución geográfica de estas subespecies en la Península Ibérica, reflejada en cada una de las localidades marcadas en el mapa de distribución, que superpuestos sobre los mapas climáticos y edafológicos, a la misma escala, y las correspondientes curvas de nivel, permite determinar el clima, altitud y tipo de suelo en los que viven. La media ponderada de la variabilidad de estos datos es un buen estimador del perfil de las exigencias ecológicas de cada subespecie.

El interés práctico de este estudio radica en la delimitación de las zonas posibles e idóneas para su cultivo que, como se expuso en la Justificación, es el único modo de

Area geográfica natural

satisfacer las crecientes demandas de las industrias del sector y evitar o paliar sus costosas importaciones.

Finalmente, encontramos que la confección de este mapa, al reflejar la presencia espontánea de ambas subespecies, puede ser usado como material de referencia para el aprovechamiento y recolección silvestre de estas dos subespecies. Este último interés práctico también podemos hacerlo extensible a la explotación de la apicultura, y tiene una gran utilidad a la hora de elegir las zonas apropiadas para la instalación de colmenas, especialmente en la práctica de la apicultura transhumante.

1.6 PROPIEDADES Y APLICACIONES

El ahondar en el conocimiento de las propiedades y aplicaciones de las dos subespecies aquí estudiadas, no sólo nos posibilita evitar la pérdida del conocimiento popular que tradicionalmente se ha tenido de estas plantas, sino que además, sirve para recuperar su uso, con el consiguiente aprovechamiento comercial del orégano silvestre local y su posible cultivo en determinadas áreas.

Las fuentes bibliográficas, a partir de las cuales se ha obtenido la información necesaria para elaborar este apartado provienen, en su mayoría, de estudios etnotobánicos, de todas la épocas, que recogen indicaciones en zonas muy dispares del territorio español.

1.6.1 Antecedentes históricos:

Durante la época de esplendor de los antiguos griegos, existía la creencia generalizada de que si, el orégano crecía sobre las tumbas, significaba que el difunto había alcanzado la felicidad eterna (Laws, 1981).

Ya en la Edad Media se recurría a esta planta para combatir el estreñimiento,

las indigestiones, para atenuar los dolores renales, de muelas, de cabeza y garganta.

Font Quer (1962) cita textualmente: "En el Capítulo 30 del Libro III, Dioscórides trata de los oréganos, uno de los cuales, el orégano salvaje, según Laguna corresponde a nuestro orégano vulgar, *«del cual nos aprovechamos en los adobos»*. Y añade por su cuenta: *«Podemos decir, en suma, de todas estas especies de orégano lo que dijeron aquellos sabios antiguos de sus numerosísimos dioses, conviene a saber, que solamente en los nombres difieren, teniendo todos una misma virtud y fuerza, visto que cualquiera dellas calienta y deseca en el grado tercero, y ansí resuelve, adelgaza, corta y digiere potentísimamente. Tiene tan capital odio a la berza el orégano, y oféndela en tanta manera, que luego, si se planta cerca della, la seca»*".

1.6.2 Usos populares:

La rápida e imparable pérdida de las tradiciones en función de la implantación de la forma de vida moderna impuesta por la sociedad industrial y urbana, es la principal causante del desuso y abandono que últimamente están sufriendo estas especies. Sin embargo, actualmente se detecta un cierto interés social en recuperar dichos usos populares, quizá como resultado del movimiento mundial de ecologistas, naturópatas, etc.

Los usos populares que, tradicionalmente, han recibido nuestras dos subespecies se pueden agrupar en:

- * usos condimentarios
- * usos apícolas
- * usos medicinales
- * usos tintóreos
- * usos ornamentales

1.6.2.1 Usos condimentarios:

El empleo del orégano como condimento figura como uno de los usos más arraigado y tradicional de esta planta. A lo largo de la biografía consultada, hemos observado que el uso condimentario es prácticamente idéntico para ambas subespecies, con la salvedad de que la sabiduría popular emplea uno u otro, según la disponibilidad de la subespecie, por razones de su distribución geográfica.

Al orégano como hierba aromática se le llama a veces el hermano fuerte de la mejorana (*O. majorana* L.) para indicar que tiene, un aroma más intenso y un efecto condimentario superior a ésta.

Tradicionalmente y, con mayor frecuencia, se han empleado las hojas y sus sumidades floridas en culinaria para dar sabor y aroma a toda suerte de carnes estofadas y especialmente en la salazón de carnes de cerdo (Cutanda, 1861), entrando también en la composición de chorizos, morcillas y otros productos del cerdo, así como en la de las "migas alcarreñas" (Aberturas, 1986); igualmente se emplea para aromatizar guisos, salsas y sopas (Bonafé, 1979).

También se usa mucho para aliñar aceitunas, en este caso, junto con tomillo, pebrella, serpol, ajedrea y otras hierbas (Font Quer, 1962; Pizarro, 1988). La bibliografía también lo menciona como condimento de platos a base de pescado, queso y huevos, así como salsa de tomates, pastas y legumbres (Parmley, 1987). Prakash (1990) considera al orégano como el condimento que ha hecho famosa a la pizza!. Otros autores asocian este condimento a la preparación de todo tipo de aves, vegetales verdes, patatas, arroz, pastas, carnes estofadas, albóndigas, pescados y mariscos (A.S.T.A., 1984), para potenciar el sabor de los vinagres y aderezos de ensaladas (Brashear, 1981).

De las sumidades floridas también se puede obtener una bebida dulce, aperitiva,

muy digestiva y béquica, dejando macerar, por espacio de 10 días, 50 gramos en un litro de vino (Delaveau, 1981).

Pero estas subespecies no son sólo interesantes en la alimentación humana; para cualquier criador es interesante saber que ambas subespecies son uno de los alimentos favoritos de cabras, ovejas y aves de corral, constituyendo, tanto frescas como desecadas, un buen aditivo a añadir a sus piensos alimenticios. Canarios y periquitos también encuentran apetitosas las hojas frescas de estas subespecies. (Brashear, 1981).

La bibliografía cita, muy especialmente, el gran auge que ha tenido el orégano en los Estados Unidos de América en las últimas décadas, pasando a ser uno de los ingredientes favoritos en la cocina. La espectacular subida en su popularidad se debió, principalmente, al masivo flujo de inmigrantes griegos y, sobre todo, italianos que recibieron, quienes introdujeron los spaghetti y otros platos mediterráneos en la dieta americana, haciendo que el orégano pasara a ser un ingrediente habitual, introducido, incluso, en sus típicos "scrambled eggs" ¹ (Laws, 1981).

En culinaria se emplean aceites de composición extremadamente sencilla, como el *aceite de orégano*, utilizado en asados de cordero y cerdo, salsas para ensaladas y huevos. Aberturas (1990) nos proporciona la siguiente receta para obtener dicho aceite:

"Pulverizar el orégano en molinillo o mortero hasta convertirlo en polvo muy fino. Calentar suavemente al baño maría tres o cuatro cucharadas de pulverizado con la cantidad de aceite de oliva deseada, durante un tiempo suficiente para conseguir la disolución, en el aceite, de los aceites esenciales del orégano. Se deja macerar uno o varios días, frecuentemente a la luz solar, filtrar y traspasar a frasco con cierre hermético al que se añade unas ramitas de orégano."

La Unión de Productores de Plantas Aromáticas y Condimentarias (UPAC) de la región de Tras-Os-Montes e Alto Douro (Portugal) comercializan un vinagre de orégano, denominado "Vinagre de orégão", de producción artesanal, con una acidez

¹ N. del Autor: En español, huevos revueltos.

de 6° y que resulta de macerar ramas floridas de la ssp. *virens* en vinagre de vino.

1.6.2.2 Usos melíferos:

(Madueño Box, 1973; Oudshoorn, 1981; Muñoz, 1982; Bonet et al., 1985; Bueno, 1987; Lánska, 1994; Lalourcame et al., 1994)

En la bibliografía consultada encontramos que distintos autores mencionan a la ssp. *vulgare* como una buena planta melífera, debida al elevado contenido en azúcar del néctar de sus flores, que proporciona miel de gran calidad, de buen aroma y sabor, y que, asimismo, su presencia en otra clase de miel, antes que restarla calidad, siempre la mejorará, como sucede especialmente en el caso de la miel de adelfilla de hoja estrecha, que de por sí es una miel poco aromática (Manley, 1936). Además, esta adelfilla y la ssp. *vulgare*, florecen al mismo tiempo (Howes, 1953). Moraga (1995) describe el uso frecuente en Chile del híbrido *Origanum x applii* (ver apartado 1.2.3.2) para la obtención de néctar.

1.6.2.3 Usos medicinales:

El uso medicinal que, tradicionalmente se da a esta especie es, muchas veces, difícil de precisar por estar el mismo restringido, en cada localidad, a escasas familias o individuos (curanderos) que son los encargados de suministrar la planta o la información perteneciente, en el momento apropiado, al convecino (Molero et al., 1990).

Tradicionalmente, las partes de la planta de orégano que se destinan al uso médico es la parte aérea de la misma, prescindiendo, para obtener un producto de calidad, de la parte inferior de los tallos, que suelen estar lignificados y contienen pocos principios activos.

La denominación farmacológica que recibe la hierba de *O. vulgare L.* es la de

Origanum herba (antes: *Herba Origanum*) (Hornok, 1992).

La bibliografía consultada recoge las diversas virtudes medicinales, tanto de las hojas y sumidades floridas como del aceite esencial, de ambas subespecies, según las propiedades que ejercen sobre los diferentes aparatos del cuerpo humano.

** Aparato digestivo:*

(González-Tejero et al., 1986; Paris y Moyse, 1971; Bonafé, 1979)

Ya en la Edad Media se recurría al *O. vulgare* para combatir el estreñimiento y las indigestiones.

Gracias a las propiedades tónicas, estomáquicas y digestivas, suele emplearse en forma de tisana o infusiones caseras. El estómago, el intestino, la vesícula biliar y el hígado son los órganos en los que en caso de enfermedad la medicina popular utiliza esta especie, independientemente de que se trate de diarreas con fenómenos fermentativos o de flatulencias, falta de apetito, dolor de estómago o dolores de vesícula. Cuando duele "el vientre" o "hace ruido" o se "carece de estómago" ², se toma una taza de té de orégano después de las comidas principales, al que en ocasiones se incorpora algo de milenrama (*Achillea millefolium*) favoreciéndose, así, la digestión.

Otros libros de farmacognosia informan acerca de la acción carminativa del orégano, suprimiendo o facilitando la eliminación de los gases intestinales; sin embargo, esta acción no es más que un efecto secundario de su acción principal que es la de tonificar el músculo gástrico y favorecer la asimilación del alimento.

Guzmán et al., 1986 mencionan un tipo de infusión, popularmente empleada en el término municipal de Linares (Jaén), compuesta por orégano, malva y

² Frase típica y de difícil traducción, procedente de Grado (Asturias) (Font Quer, 1962).

Glycyrrhiza glabra L., a partes iguales, con efecto eupéptico o lo que es lo mismo, que facilita la digestión.

El orégano también resulta eficaz en caso de inapetencia o de trastornos gástricos o biliares y contra la diarrea.

Con menor frecuencia se usan las decocciones de esta planta para hacer enjuagues contra la inflamación de la mucosa bucal y de las encías.

MODO DE PREPARAR EL TÉ DE ORÉGANO: Se vierte ¼ de litro de agua hirviendo sobre 1 cucharadita llena de la hierba seca (o lo que es lo mismo, 25-30g de planta/litro), y se cuele al cabo de 10 minutos. El té se endulza con miel y se bebe a sorbos bien caliente. Este modo de preparación, además de favorecer la digestión, resulta también indicado para las gárgaras y los enjuagues, aunque sin endulzar.

** Aparato reproductor:*

(Hornok, 1992; Lánska, 1994)

Otra de las aplicaciones populares del orégano es su uso contra los trastornos fisiológicos de este aparato, en infusión de las hojas y sumidades floridas, que se prepara según se ha descrito anteriormente.

Tómando de dos a tres tazas diarias de dicha infusión, provoca o regulariza la menstruación, como emenagoga.

** Aparato respiratorio:*

(Perrot, 1947; García Bona, 1981; Guzmán et al., 1986)

El orégano desempeña además un papel importante como remedio casero contra la tos, el asma, la tos ferina y la bronquitis crónica, gracias a sus propiedades expectorantes, estimulantes, antiespasmódicas y anticitarral.

Las hojas y las sumidades floridas, gracias a sus esencias, facilitan la expectoración, para lo cual se emplean las hojas y flores que se preparan en

infusión (la preparación es la misma que se ha indicado anteriormente, con la salvedad de que en este caso la infusión se prepara con agua no demasiado caliente para que no se evapore la esencia), tomando 2 ó 3 tazas al día elimina las mucosidades, ayuda a combatir los ataques bruscos de tos y los espasmos del asma, pero conviene tomar antes un baño o inhalación con una decocción de la hierba, puesto que ésto refuerza, probablemente, el efecto en los casos de bronquitis y de tos ferina.

MODO DE PREPARAR EL BAÑO DE ORÉGANO: Se agregan 100g de la hierba a 1 litro de agua, se calienta hasta la ebullición y se cuela al cabo de 10 minutos. El líquido obtenido se agrega al agua del baño.

Con menor frecuencia, pero no por ello menos conocido, la medicina popular también usa las decocciones de esta planta para hacer gárgaras en los casos de faringitis. En este caso se recomienda combinarle con salvia y manzanilla; las tres especies deben participar en la mezcla a partes iguales. El modo de prepararlo es el mismo que el ya descrito para el té de orégano.

La bibliografía, además, cita el uso de la planta de orégano seca y pulverizada, que se aspira a modo de "rape" como estornutorio para descongestionar las vías respiratorias, en catarros y resfriados.

** Sistema nervioso:*

(Pruthi, 1980; Delaveau, 1981; García Bona, 1981; Laws, 1981; Lánská, 1994)

Entre las virtudes medicinales del orégano encontramos que los fitoterapeutas emplean las sumidades floridas por sus indiscutibles cualidades relacionadas, en su mayoría, con su acción antiálgica; ninguna tortícolis se resiste a una cataplasma de sumidades recién cortadas y calentadas brevemente en la sartén.

Este uso externo de la infusión de orégano, o bien de su aceite, en fricciones o cataplasmas, es también válido, por sus propiedades calmantes y sedantes,

frente a dolores locales, dolores menstruales, reumas, absesos, neuralgias, dolores musculares, dolores de oídos, frente al dolor de muelas se emplea como constituyente de una tintura odontológica (Lázaro Ibiza, 1921).

En infusión, a razón de una cucharadita por cada taza de agua, actúa también contra la fatiga nerviosa y la astenia general del organismo.

Ráck-Kotilla et al. (1980) demostraron que, tras administrar, por vía intraperitoneal, 0,5 ml de un extracto acuoso de *O. vulgare*, a ratones albinos machos de 25g de peso, se apreció un efecto estimulante transitorio del Sistema Nervioso Central que duraba 60 minutos, a partir de los cuales se producía una acción sedante que se prolongaba durante las 4 horas posteriores a su administración.

En la Bibliografía encontramos otra aplicación medicinal del orégano, en la cual se menciona que esta planta ayuda a combatir la anorexia (Barbadillo, 1993).

** Sistema urinario:*

(Collura y Storti, 1974; Mendiola, 1989; Hornok, 1992)

El aceite esencial de orégano tiene, además, propiedades diuréticas y según la bibliografía, sudoríficas o diaforéticas. Usándose además, para combatir dolores renales, por su acción antiálgica, anteriormente mencionada.

** Sistema inmunológico:*

Desde antaño ya se conocía la propiedad febrífuga de la ssp. *vulgare*, para lo cual, Caro y Closs (1973) recogen el siguiente remedio para congelar la fiebre: "Se hacen hervir tomillo, orégano, salvia y albahaca con flor de harina y miel".

Otros autores mencionan sus propiedades cicatrizantes, antisépticas y parasiticida cuando se limpian y curan heridas, quemaduras y llagas con una

infusión de orégano más concentrada, preparada con 60g de planta por litro de solución.

El aceite esencial de orégano es un poderoso desinfectante y sus componentes principales, carvacrol y timol, están considerados como agentes germicidas, bactericidas, vermícidias y fungicidas (Hornok, 1992).

* *Otros usos:*

(Delaveau, 1981; Guzmán et al, 1986; Pizarro, 1988; Mendiola, 1989)

La bibliografía también nos cita la propiedad antiinflamatoria del orégano cuando se aplican externamente las hojas y flores, a modo de cataplasma, sobre torceduras o sobre la zona afectada.

También por sus propiedades este aceite está considerado como un remedio activo frente a la celulitis (Navasquillo, 1992).

Lázaro Ibiza (1921) nos indica que la ssp. *vulgare* entra en la composición del "Alcohol de salvia vulnerario" y del "Bálsamo tranquilo".

Paralelamente, la bibliografía consultada recomienda guardar ciertas precauciones con el orégano, tales como no administrar/tomar más de tres tazas diarias, ni utilizar durante el embarazo por su acción emenagoga.

1.6.2.4 Usos tintóreos:

En la "Revisión Taxonómica del Género *Origanum*", Ietswaart nos menciona el curioso uso del *O. vulgare* como tinte, según una cita, atribuida a Chambert (1895) quien describe que la savia de esta especie proporciona un colorante rojo utilizable como tintura.

1.6.2.5 Usos ornamentales:

Este uso se desprende de la propia etimología de este género (*oros*, montaña y *ganos*, adorno) que expresa el carácter ornamental de su morfología, la especie (*vulgare*) especifica su frecuencia, y el color de sus flores explicita la subespecie.

A través de la bibliografía consultada, hemos podido comprobar que esta especie se emplea como planta ornamental, en jardines familiares, principalmente en Inglaterra (Elliot, 1966) y Norte América (Wolf, 1954), así como en terrazas (Laws, 1981; Parmley, 1987). Este uso es consecuencia de la resistencia que presenta el orégano, tanto al frío como a la sequía, lo que permite que esta planta sea cultivada con dichos fines a distintas altitudes (Rollins, 1991).

Con esta finalidad están descritos, en Inglaterra y USA, diversos cultivares de la ssp. *vulgare*, concretamente la ssp. *vulgare* "Dr. Ietswaart" y "Aureum", por la tonalidad de sus hojas (Ver 1.2.4.2 y 1.2.4.1, respectivamente) y la ssp. *vulgare* "Humile" para tapización ornamental de suelos debido a su escaso porte (Ver 1.2.4.3).

Al mismo tiempo, esta especie es un elemento apreciado como ingrediente de potpourri, de saquitos de olor para aromatizar, y de tabacos, a base de hierbas (Brashear, 1981), o exclusivamente de hojas de orégano pulverizadas como recientemente se ha utilizado por los sitiados en Sarajevo, víctimas de la falta de abastecimientos a consecuencia de la guerra de Bosnia (Echevarría, 1996).

1.6.3 Interés actual:

El interés actual del orégano se fundamenta en sus aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y en la perfumero-cosmética.

1.6.3.1 Industria alimentaria:

Las hojas y sumidades floridas del orégano tienen interés industrial por sus aplicaciones en licorería, como condimento, así como aromatizante y conservantes de alimentos en las Industrias cárnicas, chacineras y de platos pre-cocinados (Lalourcame et al, 1994). En todos estos casos, para su utilización condimentaria y conservante, es preferible el sabor de plantas del quimiotipo carvacrol (Fleisher et al., 1983).

Como conservante de alimentos también juega un papel importante gracias a la actividad antioxidante, germicida y fungicida, desempeñada por los constituyentes volátiles tales como los fenoles carvacrol y timol, y otros componentes fijos de la planta como los ácidos fenólicos, rosmarínico, clorogénico, etc. (Nakatani y Kikuzaki, 1987) y oligoelementos que contiene: cobre, zinc, etc.

A pesar de que el orégano se usa principalmente por su agradable aroma y olor, también podría desempeñar otras funciones en la industria alimentaria, tales como ayudar a preservar las cualidades de los alimentos a los cuales es añadido. Por ello, la presencia de estas subespecies, o de sus aceites esenciales, es un factor a tener en cuenta por las Industrias alimentarias, tanto en los alimentos como en sus ingredientes (Conner y Beuchat, 1984).

Las actividades antimicrobianas y fungicidas de las plantas de orégano han sido ampliamente descritas y muchas son las citas bibliográficas que hablan de la acción bactericida de su aceite esencial (Collier y Nitta, 1930; Kellmer y Kober, 1954; Maruzzella y Sicurella, 1960) así como de la acción fungicida de su aceite esencial (Maruzzella y Liguori, 1958; Maruzzella, 1960).

Con respecto al poder bactericida se ha visto que, de entre muchas plantas y condimentos, el aceite esencial del orégano es uno de los que tienen mayor poder

inhibitorio; así, usando éste en concentraciones comprendidas entre 0,5-8 g/litro retrasan el crecimiento y la producción de ácido láctico bacteriano (Zaika et al., 1983).

Entre los ejemplos que menciona la bibliografía podemos destacar los ensayos de Beuchat (1976) quien, usando el aceite esencial de orégano en el medio de cultivo a concentraciones del 0,5% describe el alto poder inhibitorio de éste sobre *Salmonella* y *Vibrio parahaemolyticus*. Al tiempo que Zaika y Kissinger (1981) describen la acción bactericida frente a *Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus cerevisiae*. Akgul y Kivanc (1984) demuestran la actividad bacteriostática del orégano frente a importantes bacterias contaminantes de alimentos como *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* y *Enterobacter aerogens*. Ismaiel y Pierson (1990) demuestran que el aceite esencial de orégano presenta gran actividad frente al crecimiento y producción de toxinas de *Clostridium botulinum*. Cualidad ésta que puede ser aprovechable en la industria cárnica donde se recomienda emplear esta esencia, lo que permite disminuir las cantidades de nitrato sódico añadidos a las carnes curadas sin que se vea afectada la protección de éstas frente a *Cl. botulinum*. De la misma forma Scortichini y Rossi demuestran la actividad bactericida del aceite esencial de *O. vulgare* frente a *Erwinia*. Mientras que Aureli et al. (1992) comprobaron la actividad antibacteriana del aceite esencial de *O. vulgare* frente a distintas cepas de *Listeria monocytogenes*.

La bibliografía consultada también describe, ampliamente, el efecto antifúngico, especialmente antimicótico y antitoxigénico que presenta el orégano sobre las aflatoxinas producidas por mohos. Ambas acciones vienen desempeñadas por el contenido en timol y carvacrol de los aceites esenciales. Colin et al. (1989) además añaden que estas propiedades fungicidas y fungiestáticas se presentan más efectivas cuando el contenido en carvacrol del aceite esencial de *O. vulgare* es superior al 30%.

En 1958 Maruzzella y Liguori ya describieron la actividad antifúngica del aceite esencial de *O. vulgare* frente a ocho hongos patógenos. Llewellyn et al. (1981)

describen la acción inhibitoria del orégano sobre el crecimiento y producción de aflatoxinas de tres cepas toxigénicas de *Aspergillus*. Azzouz y Bullerman (1982) demostraron que el aceite de orégano inhibía completamente el crecimiento de siete hongos micotoxigénicos.

Se ha comprobado, además, que el orégano aumenta la estabilidad de los substratos grasos, y muy especialmente sobre la mayonesa. Es por tanto, tal el poder biocida y antioxidante que presenta el orégano que Belaiche (1979) propuso valorar el poder conservante de las especias y condimentos en unidades de orégano.

Otra función del orégano, dentro de la Industria Alimentaria, y que recientemente está cobrando importancia, es el papel que desempeña en la cocina dietética, como sustituyente de la sal ya que el orégano, per se, y al igual que el resto de las especias, no contiene sal. Por ello bien utilizándolo solo o bien mezclado con albahaca, y con la adición de una pequeña cantidad de tomillo y de romero, sustituye a la sal (A.S.T.A., 1984; A.S.F.S.A., 1987; Parmley, 1987).

1.6.3.2 Industria farmacéutica:

(Laws, 1981; Artech, 1992)

La Industria Farmacéutica, basándose en las propiedades del orégano comercializa los siguientes preparados:

- * en uso externo: linimentos para torceduras y dolores.
- * en uso interno: el aceite de orégano es uno de los constituyentes de los remedios empleados para combatir el dolor de muelas e infecciones bucales.

Bézanger et al. (1978) nos enumera las siguientes especialidades farmacéuticas, que se basan en las propiedades antiespasmódicas, antisépticas, cicatrizantes y frente a problemas digestivos del orégano:

| <u>Nombre comercial</u> | <u>Laboratorio</u> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Anthylline | Lesourd |
| Chromine | P.A.P. |
| Cicta | Monot |
| Infusex K et N | Société Pharmaceutique du Boulonnais |
| Oxyplastine | Sarep-Pharmeurop |
| Tisane Saint-Luc | Faure |

Arteche (1992) engloba al *O. vulgare* dentro del grupo terapéutico RO5D-*Antitusígenos*, describiendo la siguiente acción farmacológica: actúa como t nico general, digestivo, espasmolítico, carminativo, expectorante, antiséptico de las vías respiratorias y antifúngico. Al tiempo que lo relaciona para las siguientes indicaciones: inapetencia, digestiones lentas, meteorismo, espasmos gastrointestinales, tos irritativa, faringitis, otitis, sinusitis, bronquitis, asma, amenorrea, odontalgias, dolores reumáticos, heridas, úlceras, micosis cutáneas.

Además, como posible precaución/intoxicación, la bibliografía consultada advierte que la esencia de orégano, empleada a dosis elevadas, puede tener efectos estupefacientes; igualmente recomienda evitar el uso interno del orégano durante el embarazo.

Igualmente, presenta las siguientes formas galénicas con sus correspondientes posologías:

* En uso interno:

-*Infusión*: una cucharada de postre por taza. Infundir diez minutos. Tres tazas al día, antes o después de las comidas.

-*Extracto fluido*: 30 a 50 gotas, tres veces al día.

-*Esencia*: 4 a 6 gotas, tres veces al día. CÁPSULAS (50 mg/c ps., 1 a 3 al día). SUPOSITORIOS (0,1 a 0,4 gr/sup., 2 a 3 al día). INHALACIONES SECAS. INHALACIONES HÚMEDAS (5 a 10 gotas de esencia/500 cc de agua caliente). AEROSOL (1,2 g de esencia/50 cc de preparado). Para este último caso recomienda practicar previamente un test de tolerancia, aplicando durante 15 segundos y esperando media hora.

Propiedades y Aplicaciones

* En uso externo:

-*Infusión*: 50 g/l, en forma de compresas, lociones, gargarismos o colutorios.

-*Esencia*: En forma de linimento, pomadas.

Paralelamente añade un largo listado de laboratorios y casas comerciales que utilizan el orégano, tanto en presentaciones simples como en especialidades o productos. Finaliza con el siguiente listado de fórmulas magistrales, haciendo mención a su indicación:

| | |
|--------------|-----------------------------|
| N-DENT-161-T | Maceración dolor dental |
| N-DIST-041-S | Extracto seco antiespasmos |
| O-AMIG-082-E | Esencias amigdalitis |
| O-OTIT-084-E | Esencia otitis |
| O-OTIT-198-T | Fórmula Tópica otitis |
| O-SINU-053-E | Inhalaciones sinusitis |
| P-HERP-186-T | Solución tópica herpes |
| P-MICO-187-E | Esencias micosis |
| P-MICO-188-T | Enjuagues candidiasis bucal |
| R-BRON-075-E | Esencias bronquitis 1 |
| R-BRON-076-E | Esencias bronquitis 2 |
| R-BRON-079-E | Micro-lavativa bronquitis |
| R-BRON-080-E | Supositorios bronquitis |
| R-TUBE-087-E | Esencias tuberculosis |

En el momento actual la Farmacopea Europea sólo recoge a la ssp. *vulgare* como planta oficial; el hecho de que no contemple a la ssp. *virens* quizá sea por considerar a ésta como endemismo ibérico, aunque es de esperar que sea introducida en un futuro.

En la bibliografía consultada, no sólo hemos encontrado aplicaciones farmacéuticas del orégano para humanos, sino que también nos encontramos con preparaciones farmacéuticas patentadas para el tratamiento de la mastitis en animales así como en humanos. En concreto, encontramos dos patentes, pertenecientes al mismo autor, en donde *O. vulgare* aparecía como uno de los constituyentes de diversas

mezclas de plantas que, preparadas a partes iguales en peso, tanto en decocción como en infusión, son empleadas en el tratamiento de la mastitis (Deryabin, 1990 y 1991).

1.6.3.3 Industria perfumero-cosmética:

La industria perfumero-cosmética consume, preferentemente, un orégano cuyo aceite sea rico en timol, empleándose dicho aceite para dar frescura a algunos tipos de colonias y perfumes, y sobre todo, para dar olor a determinados tipos de jabones (Gaviña y Torner, 1966).

Prakash (1990) además menciona otra cualidad del aceite esencial de *O. vulgare L.*, y es que, según este autor, ejerce un efecto estimulante sobre el crecimiento del cabello.

1.6.3.3 Industria fitosanitaria:

Es un tipo de industria a nivel experimental, con grandes posibilidades futuras, principalmente por su aplicación en la agricultura biológica, tan de boga en la actualidad.

Debido a la acción biocida de sus principios activos, tiene aplicaciones como insectifuga, fungicida, bactericida, además de nematocida y herbicida; en este último caso, su acción frente a la berza ya fue citada por Font Quer en 1962 (ver apartado 1.6.1).

1.7 CONSUMO DEL OREGANO

(U.S.A., 1980; I.P., 1984; Tucker y Maciarelo, 1987; O.N.I.P.P.A.M., 1991; ITEIPMAI, 1992; Orenge, 1995)

Cuando estudiamos los datos disponibles referentes al consumo de orégano y de su comercio exterior, nos encontramos que se comercializa bajo el nombre de "orégano" a diversas especies del género *Origanum* y, a veces, a especies de otro género, como el llamado "orégano mejicano" (*Lippia graveolens* L.), "el aceite de orégano español" (*Thymbra capitata* L.) o el "orégano de Chile" (*O. applii*, híbrido de la *O. vulgare* ssp. *vulgare* con *O. majorana*).

Con frecuencia ocurre que, en estado silvestre, se recolecta cualquier planta cuyo olor o apariencia se asemeje a la del orégano. Así, cuando se ha tratado de establecer la identidad de las especies comercializadas bajo el nombre de "orégano" comprobamos que un gran número de plantas pertenecientes, incluso, a distintas familias se engloban bajo dicho término. Las compañías involucradas en este negocio tampoco ayudan, ni colaboran, a esclarecer esta identidad, pues siempre anteponen a la exactitud y precisión de la nomenclatura botánica, los beneficios que origina su fuente de ingresos.

Calpouzos (1954) proporciona un estudio donde demuestra que, al menos 39 especies, pertenecientes a 16 géneros distintos, que corresponden a 6 familias diferentes, son consumidos mundialmente bajo la denominación "orégano" o empleados para uso medicinal. En la Tabla 1.7.a presentamos el listado aportado por dicho autor. Por otro lado, el número de especies y subespecies que Lawrence (1983) relaciona como "oréganos" consumidos es de 50, agrupadas en las siguientes familias: 28 Labiadas, 17 Verbenáceas, 2 Compuestas, 1 Rubiácea, 1 Escrofulariácea y 1 Umbelífera.

1.7.1 Mercados europeos:

España:

El consumo anual de orégano se encuentra, aproximadamente, en unas 225-250 tm/año, según conversaciones mantenidas con los principales mayoristas de especias del mercado español y, siempre referidas a las ssp. *vulgare*, ya que la ssp. *virens* es de producción y consumo reducido en la Península Ibérica.

Hasta hace poco, la industria se abastecía casi exclusivamente del aprovechamiento esporádico de la flora silvestre, que a pesar de ser parcial y rudimentario, alcanzaba unas cifras de exportación muy considerables. Según las Estadísticas de Comercio Exterior: Dirección General de Aduanas, en 1978 se exportó 5 tm de aceite esencial de orégano por valor de 8.694 millones de pesetas, y la suma de consumo nacional más la exportación de hojas secas de orégano se estimaba, en 1978, en 500 tm, la mayor parte procedente de recolección de plantas silvestres (Fernández, 1978).

Actualmente la producción de orégano en nuestro país se encuentra muy reducida, y ésta queda establecida por un acuerdo previo entre el agricultor y los

| | |
|--|--|
| <i>Coleus amboinicus</i> Lour. | Origan: |
| <i>Hedeoma floribunda</i> Standl. | <i>Origanum vulgare</i> L. |
| <i>Hedeoma patens</i> Jones | Orégano brujo: |
| <i>Hyptis albida</i> H.B.K. | <i>Coleus amboinicus</i> Lour |
| <i>Hyptis americana</i> (Aubl.) Urb. | <i>Coleus aromaticus</i> Benth. |
| <i>Hyptis capitata</i> Jacq. | Orégano cabruno: |
| <i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit. | <i>Satureja Thymbra</i> L. |
| <i>Lantana involucrata</i> L. | Orégano cimarrón: |
| <i>Lantana purpurea</i> (Jacq.) Benth. & Hook. | <i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit. |
| <i>Lantana trifolia</i> L. | <i>Hyptis</i> spp. |
| <i>Limnophila stolonifera</i> (Blanco) Merr. | <i>Lippia graveolens</i> H.B.K. |
| <i>Lippia affinis</i> Schau. | Orégano de Cartagena: |
| <i>Lippia berlandieri</i> Schau. | <i>Coleus amboinicus</i> Lour. |
| <i>Lippia formosa</i> T.S. Brandeg. | <i>Eryngium foetidum</i> L. |
| <i>Lippia geisseana</i> (R.A. Phil.) Soler. | Orégano de España: |
| <i>Lippia graveolens</i> H.B.K. | <i>Coleus amboinicus</i> Lour. |
| <i>Lippia micromera</i> Schau. | <i>Coleus aromaticus</i> Benth. |
| <i>Lippia micromera</i> var. <i>helleri</i> (Britton) | <i>Origanum vulgare</i> L. |
| Moldenke | Orégano francés: |
| <i>Lippia organoides</i> H.B.K. | <i>Coleus amboinicus</i> Lour. |
| <i>Lippia palmeri</i> Wats. | Orégano del país: |
| <i>Lippia palmeri</i> var. <i>spicata</i> Rose | <i>Lippia Helleri</i> Britton |
| <i>Monarda austromontana</i> Epling | <i>Lippia micromera</i> Schau. |
| <i>Ocimum basilicum</i> L. | <i>Lippia organoides</i> H.B.K. |
| <i>Origanum vulgare</i> L. | Orégano del campo: |
| <i>Origanum majorana</i> L. | <i>Coleosanthus veronicaefolius</i> H.B.K. |
| <i>Poliomniha longiflora</i> Gray | Orégano del cerro: |
| <i>Salvia</i> sp. | <i>Coleosanthus veronicaefolius</i> H.B.K. |
| | Orégano del monte: |
| Otras formas de "orégano" citadas en la literatura botánica: | <i>Coleosanthus veronicaefolius</i> H.B.K. |
| | Orégano de la sierra: |
| Oreganillo: | <i>Calamintha potosina</i> Schaf. |
| <i>Lippia cardiostegia</i> Benth. | Orégano montes: |
| <i>Lippia graveolens</i> H.B.K. | <i>Lippia cardiostegia</i> Benth. |
| <i>Lippia myriocephala</i> Schlecht. & Cham. | <i>Lippia umbellata</i> Cav. |
| <i>Lippia umbellata</i> Cav. | Orégano poleo: |
| Oreganillo del monte: | <i>Lippia micromera</i> Schau. |
| <i>Lantana hirsuta</i> Mart. et Gall. | Orégano silvestre: |
| Oréganos: | <i>Lantana glandulosissima</i> Hayek |
| <i>Borreria</i> spp. | Orégano verde: |
| Orenga: | <i>Origanum virens</i> Hoffm. |
| <i>Origanum vulgare</i> L. | Orégano xiu: |
| | <i>Lantana citrosa</i> (Small) Moldenke |
| | <i>Lantana glandulosissima</i> Hayek |
| | <i>Lantana velutina</i> Mart. & Gal. |

Tabla 1.7.a: Especies mencionadas por Calpouzoz (1954) como "orégano", algunas veces deletreado "oregeno", "origano" u "oragano".

Consumo

comisionistas que compran por cuenta de otra firma envasadora y distribuidora; en otras ocasiones la producción se apalabra directamente entre el recolector o el agricultor y el usuario final, que generalmente suelen ser industrias charcuteras y chacineras ubicadas en Extremadura. La cocina y la fitoterapia absorben también una cierta cantidad y todavía está muy arraigado el cultivo familiar de esta especie para el autoabastecimiento.

Actualmente no hay grandes plantaciones dedicadas a este cultivo y por ello, para cubrir las necesidades, España importa el 95%, casi en su totalidad de Chile.

Francia:

Este país se caracteriza por ser uno de los principales mercados importadores de plantas aromáticas y medicinales, siendo a su vez una país con una producción interna considerable, entre ellas, de orégano. En París se encuentran muchos de los grandes consumidores de especias, y un gran número de oficinas de compra, tienen su sede en la capital. No obstante, Marsella sigue siendo la plaza más importante para los comerciantes de este sector.

Los datos que la bibliografía refiere para este país conciernen, casi exclusivamente, a la ssp. *vulgare* y, en la actualidad, también parcialmente, a la ssp. *virens*.

El sector alimentario francés importa anualmente una media de 300 tm de planta seca para su uso como aromatizante de productos alimentarios, ya que el orégano es una de las especias que entra en la composición de sus famosas "hierbas de Provenza".

En 1990 los volúmenes de importación se elevaban a 314 tm, de las que 200 tm provenían de Albania, 60 tm de Turquía, 33 tm de Chile, 11 tm de Israel y 10 tm

de Marruecos.

Un año más tarde, en 1991, se importaron alrededor de 200 tm de las cuales, 100 tm provenían de Albania, 43 tm de Turquía, 19 tm de Chile, 28 tm de Israel y 10 tm de Marruecos.

Comparando las importaciones de ambos años observamos una disminución acusada de las importaciones procedentes de Albania como consecuencia de la reorganización económico-política sufrida por este país. Las importaciones originarias de Turquía también manifiestan un descenso como consecuencia de la reducción de las superficies cultivables que afectó a los precios, y por tanto a las importaciones.

La bibliografía (ITEIPMAI, 1992) también alude que, de todos los orígenes anteriormente mencionados, los más apreciados en Francia son aquellos que provienen de Albania y Turquía.

En territorio francés también se produce orégano que procede casi exclusivamente de cultivar la ssp. *vulgare*. Así, en 1988 el Censo General Agrícola señalaba 12 ha de terreno dedicados a este cultivo y ubicados en Drôme, Dordogne y Var.

La producción de orégano obtenida es absorbida principalmente por la industria alimentaria. Este es el principal mercado que utiliza, tanto la planta fresca (hojas) para ser empleada como aromatizante ("hierbas de Provenza"), como para su incorporación, bien en forma fresca, seca o congelada a diversas preparaciones culinarias, especialmente pizzas.

Actualmente estos cultivos, concernientes fundamentalmente a la ssp. *vulgare* y algo a la *virens*, se encuentran en neta progresión y, entre los grupos de productores

Consumo

se está comenzando a comercializar clones seleccionados de estas subespecies.

La industria farmacéutica francesa se aprovisiona frecuentemente con su propio orégano como consecuencia del interés que tienen en asegurar y garantizar su calidad.

Con respecto al aceite esencial de orégano, el sector perfumero francés cubre sus necesidades nacionales con las importaciones, pues la planta fresca que se importa para alimentación, una vez cribada, se deja secar y se destila. La producción francesa de este aceite, estimada en algunas docenas de kilogramos, se dirige principalmente al sector más puntero de la aromaterapia.

Alemania:

El orégano es una de las principales especias que se consumen en este país. Su consumo anual está en más de 1.000 tm/año y es el mercado más amplio de especias entre los países de la CEE, con un incremento anual estimado del 8%.

Este país es un gran exportador de mezclas de condimentos preparados y, a su vez, un gran importador de especias aromáticas, destacando con nombre propio el comercio de tránsito que se realiza a través de Hamburgo, uno de los principales puntos del comercio de especias en Europa.

Italia:

Es uno de los mayores consumidores de orégano. La producción italiana de orégano les permite autoabastecerse y, parte de su producción va destinada a abastecer las necesidades de orégano del mercado brasileño (país donde esta especie no se cultiva). Sin embargo, actualmente tiene un gran competidor en Chile, país éste que posee ciertas ventajas en los costos de flete del producto, debido a que las distancias

entre Chile y Brasil no son tan grandes si las comparamos con Italia. Pero, este volumen que se destina a la importación no tiene mucha relevancia en comparación con el consumo que existe en el país. Se estima que Italia es el segundo mayor mercado de consumo mundial para el orégano, después de los Estados Unidos.

Otros países europeos:

En Europa, además existen los mercados de Inglaterra y Holanda, pero con un consumo inferior. Albania, Grecia y Turquía son también importantes países productores de orégano, que exportan, para cubrir parcialmente, las necesidades del mercado francés y norteamericano.

En la parte sur de la antigua URSS, incluyendo la Península de Crimea y en Bulgaria, se cultiva la ssp. *vulgare* para su destilación, pero la obtención de este aceite esencial con un contenido en timol que ronda el 50%, no ha alcanzado importancia comercial.

1.7.2 Mercados americanos:

Estados Unidos:

El orégano en este país representa uno de los mercados con mayor crecimiento en los últimos años, hasta convertirse, en la actualidad, en el consumidor más importante del mundo del condimento denominado "orégano".

Las primeras estadísticas de importación de orégano registradas datan del año 1940 y, desde esta fecha, su consumo ha ido aumentando linealmente (Tucker y Maciarelo, 1987). En 1984 los Estados Unidos importaron orégano por un total de 4.351 tm que, en 1985 acusó un descenso hasta situarse en 3.680 tm (Dull, 1986),

Consumo

recuperándose hasta situarse en 1990 en unas 4.000 tm de planta seca (ITEIPMAI, 1992) que son absorbidas por el sector de la industria alimentaria.

Aproximadamente la mitad de orégano consumido en los Estados Unidos es importado desde Méjico, mientras que el resto de las importaciones provienen de diversos países mediterráneos, principalmente Grecia y Turquía. Y, según mencionábamos al principio de este apartado, el "orégano" que supuestamente importa USA desde Méjico no se corresponde con el *O. vulgare* L., sino con especies del género *Lippia*, habitualmente *L. graveolens*.

Con relación al aceite esencial, y según datos aportados por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos (USA, 1980), este país importó 6,4 tm de aceite esencial en 1980 por un valor de 198,6 US \$.

Chile:

Chile es el primer país del mundo exportador de orégano, abasteciendo parcialmente las necesidades de orégano de diversos países como Brasil, Argentina, Alemania Federal, Italia, España, etc. y, desde 1983 las de Paraguay, Dinamarca y Japón. Pero, hemos de puntualizar que el orégano que exporta este país es el *Origanum x applii*, híbrido del *O. majorana* y la ssp. *vulgare*, como ya describimos detalladamente en el punto 1.2.3.2 del apartado 1.2.

En 1980 Chile exportó 389.211 kg netos de orégano a 13 mercados internacionales, tanto europeos como americanos, por valor de 702.246,71 US \$, siguiendo una tendencia alcista hasta 1983 en que exportó 646.165 kg netos de orégano por valor de 847.649,7 US \$ y, además, amplió en 15 los mercados internacionales que abastecía, al incluir a Paraguay y Japón entre sus clientes (I.P., 1984).

Brasil, junto con Argentina, son dos de los mercados sudamericanos que presentan un consumo importante de orégano, siendo Chile el principal país que los abastece.

Argentina además de consumidor, también produce orégano pero en cantidades tan pequeñas que no son suficientes para su autoabastecimiento.

1.7.3 Otros mercados:

Entre los países que importan orégano procedente de Chile se encuentran Hong Kong, Pakistán y Egipto.

Por último, dentro de estos mercados internacionales también nos encontramos a Japón, que es un gran consumidor de orégano y que importa prácticamente la totalidad de sus necesidades desde Chile (I.P., 1984; Orenga, 1995). Australia, igualmente, va cobrando importancia como país que utiliza cada vez más, una gran cantidad de especias, entre ellas el orégano.

1.8 EVOLUCION DE LOS PRECIOS

(López Finlay, 1982; I.P., 1984; 1987; O.N.I.P.P.A.M., 1991; ITEIPMAI, 1992; Orensa, 1995)

A continuación presentamos la variación de los precios que la droga de esta especie alcanza en los principales mercados americanos y europeos.

1.8.1 Para planta seca:

En el mercado chileno:

Como ya dijimos, al ser Chile el primer país exportador de orégano del mundo, es a la vez el que indica los precios. En la Figura 1.8.1.a se muestra un gráfico donde se presenta la evolución de los precios de orégano, en US \$ por kilo de planta seca, incluidos los costes de fletes (C.I.F.), que Chile ha ido ofreciendo durante los últimos dieciocho años, desde 1978 hasta 1995.

Evolución de su precio

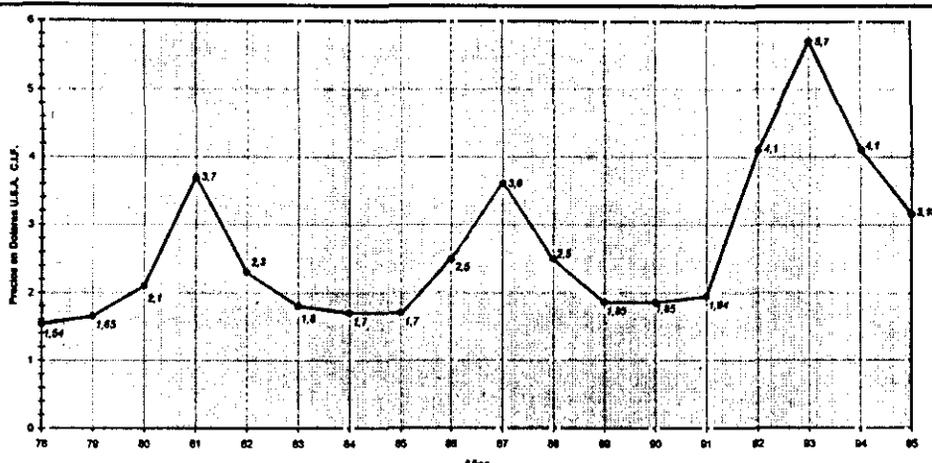


Fig. 1.8.1.a: Evolución de los precios de orégano, en US \$ (C.I.F.), fijados por Chile en sus exportaciones.

En el mercado francés:

El mercado francés está ampliamente dominado por las importaciones. Teniendo en cuenta los bajos precios de productos importados, los productores franceses se limitan a los mercados de fresco o congelado destinados a la industria alimentaria.

En la Tabla 1.8.1.a podemos observar la relación de precios por países que suministran al mercado francés.

| Forma comercial | País | Precio |
|-----------------|------------|--------------------------|
| Hojas secas | Turquía | 2.000 \$/tm (11,4 F/kg) |
| | | 2.200 \$/tm (12 F/kg) |
| | | 2.600 \$/tm (14,17 F/kg) |
| | Chile | 2.000 \$/tm (11,5 F/kg) |
| | Siria | 1.500 \$/tm (8,17 F/kg) |
| | Yugoslavia | 10 F/kg |
| | Albania | 8 F/kg |
| | Marruecos | 10 F/kg |
| | Francia | 55-60 F/kg |
| S.f. secas | Francia | 20 F/kg |

Tabla 1.8.1.a: Países, y sus correspondientes precios, suministradores del mercado francés (O.N.I.P.P.A.M., 1991); S.f.: sumidades floridas, (F= franco francés).

Existe toda una pequeña producción de sumidades floridas de orégano seco y cortado, principalmente destinado al sector de fitoterapia, en la que se valoriza al precio del orden de 20 F/kg.

El orégano seco cultivado en "agrobiología" se vende a partir de 55 F/kg.

Como para el conjunto de plantas aromáticas producidas en Turquía, el precio del orégano de este origen queda muy firme, después de haber alcanzado los máximos durante el primer semestre de 1991, hasta 16 F/kg para la calidad superior. Actualmente los precios se sitúan desde 2.000 US \$/tm (11,4 F/kg) para la calidad media hasta 2.600 US \$/tm (14,17 F/kg) para la calidad que satisface a la Norma Americana (ASTA).

Anteriormente se ha mencionado que Turquía abastece parcialmente de orégano al mercado francés; sin embargo recientemente, los precios de origen turco han provocado una reconversión en la tendencia como consecuencia de la reducción de la superficies cultivada de orégano, lo que ha supuesto un volumen menor de sus exportaciones y uno de los factores que ha provocado en el mercado el alza de los precios de orégano turco. Esta disminución de las ventas ha conducido a que algunos operadores franceses se hayan decantado por el orégano de Chile (*Origanum x applii*), con una calidad ligeramente diferente (color más verde, aroma más sutil, etc...) frente al *O. vulgare* habitualmente importado desde Turquía. Como podemos observar en la Tabla 2.7.4.a, el orégano de Chile se ofrece a partir de 2.000 US \$/tm, es decir 11,5 F/kg, aunque la calidad chilena es menos apreciada en Francia.

La evolución de los precios de orégano procedente de Albania parecen estar en alza. Sin embargo, la falta de fiabilidad de este país, a consecuencia de las reorganizaciones económicas y políticas que se producen en él, comprometen seriamente las compras y lo catalogan como un mercado poco estable.

Evolución de su precio

Con respecto al orégano procedente de Marruecos, el zaatar (*O. compactum* Benth. y algo de *O. vulgare ssp. virens*), no se observa evolución en su comercialización; su precio permanece estable en 10 F/kg y debido al aspecto más azulado que presenta el producto seco, su calidad es, también, menos apreciada en Francia.

En el mercado español:

Por medio de varias conversaciones mantenidas con diversos mayoristas españoles pudimos conocer que, en 1993, la *ssp. vulgare* se comercializaba a 171,4 pts/kilo de planta seca y su aceite a 18.000 pts/litro.

Un año después, en 1994 y, según información proporcionada por la casa Productos Amorós S.A. de Barcelona, encontramos que el precio de la misma subespecie ha sufrido una subida considerable, estableciéndose en 980 pts/kilo de hoja seca (venta al público).

En 1995, el precio del orégano ha oscilado entre las 450-650 pts/kilo de hoja seca (precio de compra del mayorista) y entre 950-1000 pts/kilo de hoja seca (venta al público).

En 1996, según datos facilitados por el mayorista Isidro Almenar (IAC), de Valencia, los precios para 10 g de semilla son 2.000 y 1.600, respectivamente para la *ssp. vulgare* y *ssp. virens*.

1.8.2 Para el aceite esencial:

Con respecto al aceite de orégano chileno, en 1981 éste alcanzó un valor de 34 US \$. Como ya hemos comentado anteriormente, en 1993 el aceite de la *ssp. vulgare*

se comercializaba en España a 18.000 pts/litro.

En la actualidad el precio del aceite esencial de orégano viene marcado en función de su contenido en carvacrol; así, los precios de las calidades "comerciales" se sitúan entre 250-300 F/kg, para un contenido de 55-70% de carvacrol, llegando a los 480-800 F/kg en los casos en que este porcentaje se sobrepasa.

II. ESTUDIO DEL OREGANO CULTIVADO

2. PRODUCCION DEL OREGANO

2.1 METODOS DE MULTIPLICACION

(Madueño Box, 1973; Muñoz, 1987; Valdés, 1988 y 1990; ITEIPMAI, 1992; Lalourcame et al., 1994)

Ambas subespecies pueden reproducirse por cuatro métodos diferentes: por acodo, división de piés, semillas y esquejes.

2.1.1 Por acodo:

Anteriormente, en el apartado 1.2.1.1 ya describíamos la facilidad que presentan los tallos de esta especie para acodar en contacto con el suelo y, especialmente, si éste presenta una alta tasa de humedad.

Este sistema de reproducción no constituye una práctica habitual a la hora de preparar el cultivo de orégano. Es un método lento hasta formar el acodo, laborioso para separar y recuperar los acodos, e incierto por no poder precisar el resultado final, es decir, el número de acodos que se obtienen, ya que este número siempre dependerá de que el terreno tenga humedad suficiente; sin embargo, lo observamos con cierta frecuencia y, dependiendo de las condiciones del suelo, cuando la planta se encuentra en estado silvestre.

Multiplicación del orégano

Otra desventaja de esta práctica es el hecho de que en un cultivo debe evitarse que las ramas periféricas se pongan en contacto con el suelo y acoden, pues ello constituye un serio problema para la recolección mecanizada.

2.1.2 Por división de pies:

Este tipo de multiplicación vegetativa constituye una de las prácticas más empleadas para lograr una plantación rápida de orégano, para rejuvenecer una antigua plantación de orégano, que ha llegado al final de su período de explotación rentable, o bien para conservar el patrimonio genético de una planta seleccionada.

Este método, en nuestras latitudes, se realiza en otoño o a finales de invierno. Generalmente, las plantas más adecuadas para este método son las de 2 a 3 años de edad que presenten un buen desarrollo, con abundantes hijuelos, además de un buen estado sanitario, tanto aéreo como radical. A partir de una planta de dos años, mediante divisiones sucesivas, se puede obtener de 15-30 plantitas con sus raíces, e incluso más, en función de la edad de la planta.

Una de las principales ventajas de este método es que permite una vegetación más rápida y abundante desde el primer año.

2.1.3 Por esquejes o estacas:

El método de reproducción mediante esquejes, estacas o tallos enraizados se aplica cuando no es posible disponer de la suficiente cantidad de plantitas enraizadas, necesarias para iniciar una plantación de orégano.

A partir de una cepa de dos o más años se pueden obtener unos 60 esquejes. La distancia en el estaquillado será de 0,25-0,30 m entre líneas y de 0,12-0,15 m entre esquejes en la línea, siendo imprescindible que en ningún momento falte humedad en el suelo hasta que los esquejes hayan arraigado plenamente.

Estos esquejes se pueden obtener con diferentes técnicas; especialmente novedosa en las plantas aromáticas es la que consiste en la aplicación de fitohormonas de enraizamiento, concretamente las auxinas. Por el momento y, aunque los resultados son esperanzadores, esta técnica resulta ser menos viable, bajo el punto de vista económico, al requerir una metodología depurada y por tanto, mano de obra más especializada. En esta Tesis se han realizado diversos ensayos para multiplicar orégano por este método, y cuyos resultados exponemos en el apartado 4.2.

2.1.4 Por semillas:

a) En semillero convencional:

Es el método que habitualmente se ha empleado para la producción de orégano y consiste en efectuar la siembra en vivero seguido de repicado.

El semillado solía hacerse en semillero con cama caliente bajo chasis acristalado, si se realizaba a finales de invierno (enero-febrero), o al aire libre, si se realizaba en primavera avanzada.

En la actualidad el semillado se realiza en viveros convencionales emplazados sobre un terreno ligeramente arenoso, profundo, rico en humus, con una superficie horizontal o con débil pendiente (<3%), expuesta al sur-suroeste, abrigada del viento norte y con disponibilidad de toma de agua y tendido eléctrico. Hay que evitar los terrenos con mal drenaje o que se ahuequen.

Basándonos en el peso y poder germinativo de las semillas de ambas subespecies, que detallamos y estudiamos en el apartado 4.1, calculamos que necesitamos sembrar 7 y 5 g de semillas de la ssp. *vulgare* y *virens*, respectivamente, en unos 67 m² de vivero, del que se pueden obtener hasta 600 plantas/m², para disponer de planta suficiente para cultivar 1 ha de orégano (40.000 piés).

Multiplicación del orégano

La preparación del suelo del vivero debe hacerse lo antes posible, preferentemente en el otoño. La preparación de primavera es más delicada, debido a las condiciones meteorológicas, a veces desfavorables, y a la dificultad de preparar un suelo finamente desmenuzado y no compactado.

Los abonos orgánicos son muy convenientes para fertilizar el terreno del vivero; debe emplearse el estiércol pasado, si ello es posible, en dosis de 20 tm/ha según sea el estiércol de oveja o cabra, 30 tm/ha ¹ si es de cuadra e incluso 40 tm/ha si es de establo. Se recomiendan, como dosis máximas, aportar al terreno 250 kg/ha de nitrógeno bajo la forma de sulfato amónico del 21%, necesario para el desarrollo de la planta; 500 kg/ha de fósforo en forma de superfosfato de cal del 18%, para favorecer el desarrollo de las raíces y unos 250 kg/ha de potasio en forma de sulfato potásico del 50%, pues proporciona vigor y resistencia a la planta.

Tras echar los fertilizantes al terreno se dan dos labores, superficiales y cruzadas, para envolverlo bien en la tierra, por último se da un rastrillado final, con lo que queda preparado para esquejar o sembrar.

La siembra debe hacerse a principios de primavera (marzo-abril). Como consecuencia del reducido tamaño que presentan las semillas, apenas hay que enterrarlas al sembrar, siendo la profundidad de siembra de 1-2 mm. Se siembra en filas separadas entre sí 30-50 cm, según las dimensiones de los aperos disponibles para hacer las rozas, binas y escardas. El máximo de plantas a obtener por metro lineal es de 200, por lo que la separación entre los golpes de siembra debe ser de 0,5 cm.

Labores de mantenimiento del vivero:

Los riegos se darán, diariamente, por aspersión hasta la nascencia total de las

¹ 30 tm de estiércol de establo aportan al suelo 120 kg de nitrógeno, 75 kg de fósforo y 165 kg de potasio; y 1.000 kg de estiércol liberan 100 kg de humus (Gros, 1986).

plantas, en dosis media de 3-5 l/m² en los primeros estadios de germinación; tras la nascencia de las plantas los riegos se espacian, dándose en días alternos y se doblan las dosis a 6-10 l/m². Posteriormente se reducirán a dos y uno semanal, y se triplicará, cuadruplicará, etc. la dosis de riego que irá en función de la demanda ambiental, temperatura, humedad relativa del aire y viento.

Se darán las binas necesarias, al menos tres, en primavera, principio y final de verano; y las escardas que sean precisas para que esté limpio de malas hierbas.

Antes de hacer el semillado debe desinfectarse el suelo del vivero, para eliminar los parásitos y hierbas invasoras o semillas existentes. Puede hacerse con vapor de agua o con productos tales como la cloropicrina.

Después del semillado, el uso de herbicidas en vivero es peligroso y de uso restringido. Con precaución puede usarse Gramosone o Linuron y Simazina. En general se usan herbicidas análogos, a los empleados en los cultivos hortícolas.

Como tratamientos fitosanitarios pueden utilizarse insecticidas, como el Actellic-50, contra la mosca blanca, polillas, orugas, et.; el Aphox contra los pulgones; el Captan, Fundazol y Captazel como fungicidas; el Gesal contra caracoles y babosas, y en general los mismos productos que se emplean específicamente en el cultivo.

El repicado de las plantas de vivero suele hacerse a principios de otoño, unos seis meses después de la siembra en vivero, aunque también puede hacerse a finales de invierno del mismo año de siembra, al objeto de que las plantas a raíz desnuda tengan la savia parada. En el repicado las plantas a raíz desnuda se agrupan en manojos de 100 plantas atados con goma o cuerda algo flexible, al objeto de facilitar la contabilidad de las mismas.

Multiplicación del orégano

b) En invernadero:

Esta técnica consiste en sembrar las semillas, en mesas de cultivo de invernadero con bandejas portadoras de taquitos de turba, de 3 x 3 cm, sobre los que se siembra la semilla; también pueden utilizarse bandejas de "paper-pots" (potes de papel) de 33 x 100 cm, de 200 pots cada una, de 5 x 5,5 cm, que se rellenan con una mezcla de turba y arena o serrín al 50%. La densidad obtenida de esta siembra sería, al menos, de 600 plantas/m². De esta forma se obtienen pequeñas plántulas en cepellón que facilitan su trasplante, manual o mecánico, aseguran su arraigo y, finalmente, regulariza su marco de plantación.

Aunque con esta técnica el costo inicial por plantita es más caro que a raíz desnuda, a la larga resulta más económico si tenemos en cuenta que esta técnica, a parte de facilitarnos el transporte, nos evita los costes que conlleva el inicio del cultivo y la reposición de mallas.

c) Siembra directa:

Se podría realizar una siembra directa sobre el terreno de asiento a finales de abril, comienzos de mayo; en este caso se emplean sembradoras de precisión y la densidad de semilla requerida por m² de terreno es, aproximadamente, 200 veces mayor que la precisa para un m² de vivero.

Como la nascencia es irregular, el desarrollo y distribución de las plantas dentro de la fila será heterogéneo, lo que obligaría a realizar entresacas en cada fila; debido a estos inconvenientes y a la excesiva dosis de riego que se precisaría, este método no se utiliza en la práctica.

2.2 DESARROLLO VEGETATIVO DE LA SEMILLA GERMINADA

A continuación exponemos un resumen de los resultados del trabajo experimental realizado.

La brotación se produce a principios de primavera, a los pocos días (ver apartado 4.1.3.2), y la floración se inicia en junio, reproduciéndose, en segunda floración, a principios de otoño, según las condiciones ambientales.

El estudio de la germinación y el desarrollo de las semillas de orégano se realizó en el laboratorio de Plantas Medicinales del Departamento de Industrias Forestales del INIA. Las condiciones y resultados de la germinación se exponen amplia y detalladamente en los apartados 3.1 y 4.1, respectivamente. A continuación

Ciclo vegetativo

presentamos los resultados que obtuvimos al estudiar el desarrollo de plántulas de orégano pertenecientes a las ssp. *vulgare* y *virens*, por espacio de 70 días comenzando desde el momento de la germinación. Durante este tiempo se midió la longitud de la radícula y la del tallo emitido.

En los cuatro primeros días de desarrollo, la radícula crece con cierta lentitud, a un ritmo de 0,2-0,5 mm diarios. A partir del sexto día y hasta los cincuenta días, la radícula se desarrolla con gran rapidez, no sólo en longitud total, sino que además va formando una raíz claramente fasciculada.

Por el contrario, el tallito al cuarto día ya ha desarrollado dos cotiledones u hojitas, perfectamente definidas, pegado a una de ellas aún es posible observar la semilla que originó la plántula que, al quinto día de desarrollo, ya se ha desprendido totalmente. Al sexto día ya son visibles el segundo par de hojas verdaderas.

Aproximadamente, cada cinco días, irán surgiendo un par nuevo de hojas hasta llegar a los 70 días, a partir de los cuales la plántula comienza a ramificarse desarrollando otros tallitos secundarios. En el Gráfico 2.2.a se presenta un esquema, partiendo de la germinación, del desarrollo de plántulas de ambas subespecies en sus diferentes fases. Durante este período de desarrollo no fueron observadas diferencias significativas entre ambas subespecies.

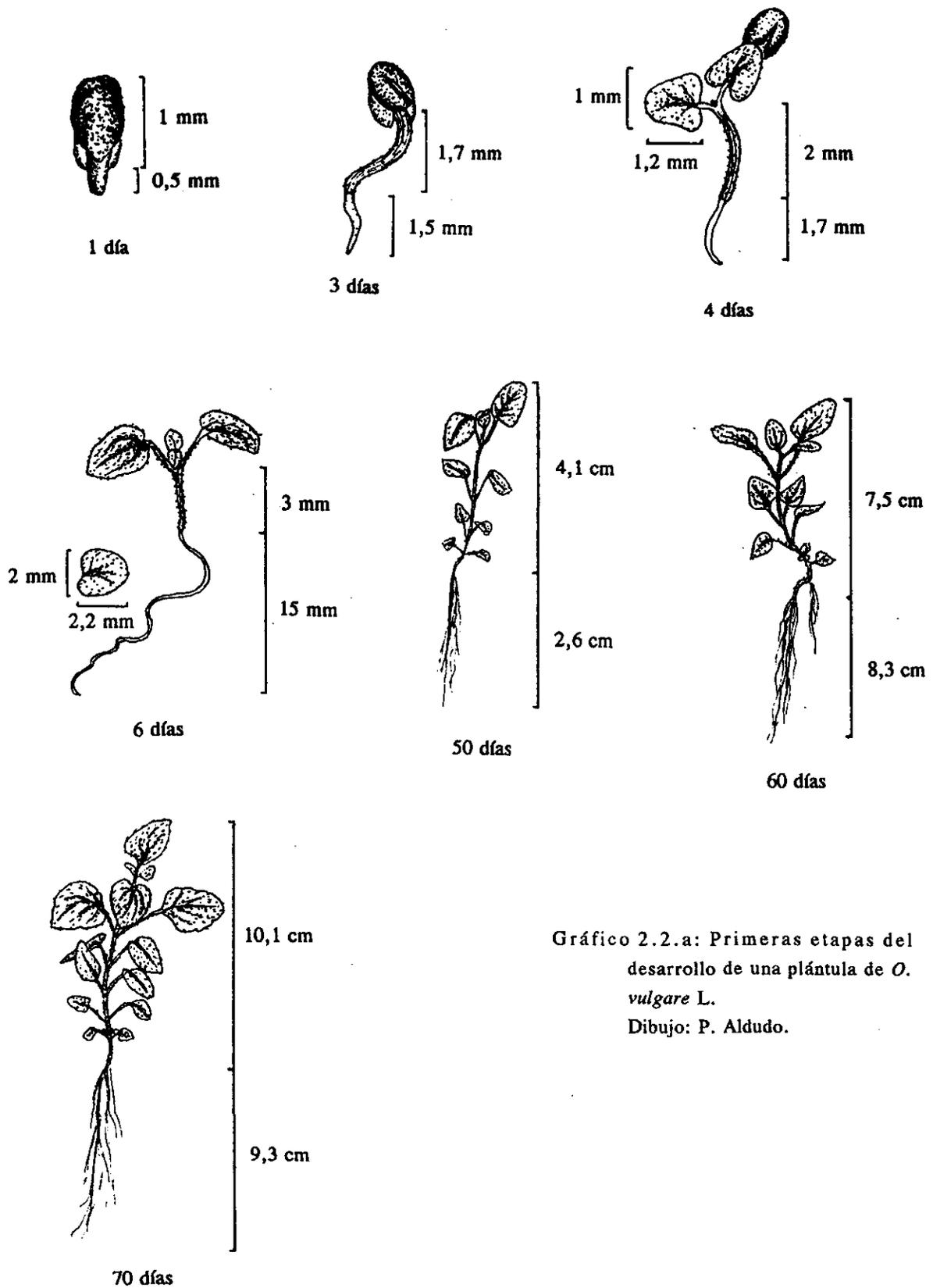


Gráfico 2.2.a: Primeras etapas del desarrollo de una plántula de *O. vulgare* L.
Dibujo: P. Aldudo.

2.3 CULTIVO DEL OREGANO

2.3.1 Transplante o plantación:

El trasplante se efectúa a partir del otoño del año de siembra y hasta fines de invierno del año siguiente, tanto si se utilizan plántulas procedentes del semillero como si proceden de la división de matas o por esquejes. Después se deben regar una o más veces para facilitar el arraigo. A principios de la primavera deben reponerse las mallas que se observen.

La plantación se realiza, manualmente para pequeñas superficies, o mecánicamente con la ayuda de una plantadora clásica, como la Super-Prefer Mod. CM de 1, 2 ó 3 filas (CM1, CM2 o CM3) y R8 (distribuidor de ocho brazos) que, tanto provenga la planta a raíz desnuda como de taquitos, las va colocando mecánicamente a la distancia prefijada.

2.3.2 Espaciamento:

La densidad de plantación viene a ser de unos 40.000-50.000 pies/ha, en función de la calidad del terreno. El marco de plantación puede modificarse según el

material de laboreo y el de recolección. La distancia entre filas no debe exceder de 0,75 m, siendo la medida habitual de 0,60-0,70 m y, entre los pies de una fila se dejará una distancia de unos 0,30-0,40 m.

2.3.3 Labores preparatorias del terreno de asiento:

Se debe realizar una labor profunda (30-40 cm) con arado de discos o vertedera, según el tipo de terreno y el cultivo anterior.

Dado que es un cultivo que perdura varios años en el terreno y con dos recolecciones anuales, el estercolar el terreno es beneficioso y a veces imprescindible, según las características del mismo. El estercolado por Ha dependerá de la fertilidad y textura del terreno, y de la procedencia del estiércol. En términos generales, las dosis de fertilización serán de 10, 15 ó 30 tm/ha ¹ de estiércol bien pasado, según que éste proceda de oveja o cabra, de cuadra (caballo) o establo (vaca); también podría utilizarse un abonado en verde de la cosecha de una gramínea sembrada en el terreno uno o dos años antes de la plantación, cuyo aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son equivalentes al de unas 6 tm de estiércol.

Estas labores se deben aprovechar para enterrar un abonado fosfo-potásico de fondo, que estará compuesto por uno 400 a 500 kilos de superfosfato de cal del 18% de P₂O₅ y unos 150 kilos por hectárea de sulfato potásico del 50% de K₂O. Con estas labores nos aseguramos que el terreno de asiento quede bien suelto y, se deben realizar una semana antes del trasplante.

Previo a la plantación, se realizan dos labores cruzadas de cultivador para enterrar el abonado y para facilitar la penetración de las raíces. Inmediatamente antes

¹ 30 tm de estiércol de establo aportan al suelo 120 kg de nitrógeno, 75 kg de fósforo y 165 kg de potasio; y 1.000 kg de estiércol liberan 100 kg de humus (Gros, 1986).

de la plantación se da una labor de rastrillado de afino para romper la posible costra que se haya podido formar en la superficie del terreno.

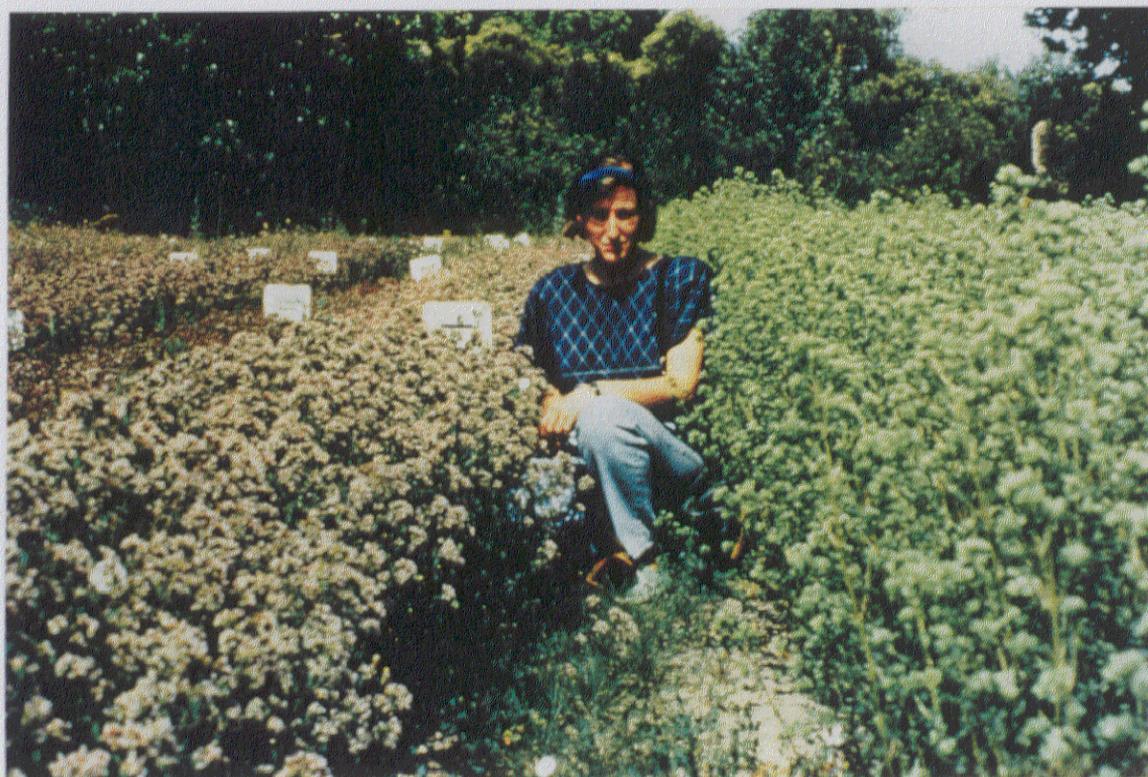


Foto 2.3.3.a: Parcela experimental de la Casa de Campo (Madrid) con cultivo de la ssp. *vulgare*, a la izquierda, y ssp. *virens*, a la derecha. (Fotografía: F. Muñoz)

2.3.4 Operaciones anuales de cultivo:

a) Labores culturales:

La vida útil del cultivo es de 7 a 8 años, por lo que el suelo tiene tendencia a compactarse, lo que evitaremos mediante las binas necesarias.

b) Fertilización:

En un suelo de composición normal, se añadirán anualmente 600 kg/Ha de

Cultivo del orégano

sulfato amónico del 21% de nitrógeno, 500 kg/Ha de superfosfato de cal del 18% de fósforo y 250 kg/Ha de sulfato potásico del 50% de potasio; todo ello enterrado en medio de las calles mediante una labor de cultivador.

El aporte de nitrógeno debe hacerse fraccionado, al menos en dos veces, una al empezar el período de actividad vegetativa y otra después de la primera corta, y se echará en cobertera, entre líneas, sobre terreno húmedo, prescindiendo del mismo si el terreno está seco.

La bibliografía consultada no proporciona dato alguno sobre la fertilización con micronutrientes a aplicar en este cultivo. Aportamos en este trabajo datos originales sobre la influencia de los microelementos en los resultados del cultivo, que hemos obtenido mediante **diversos ensayos para observar la influencia de los oligoelementos cobre y zinc, en el cultivo de las dos subespecies de *O. vulgare* L.**, cuyos resultados se presentan en el apartado 4.3 del Capítulo 4.

c) Irrigación:

A pesar de ser una planta que se adapta bien a las condiciones de sequía, los riegos favorecen su desarrollo y, por ello, son convenientes en el momento del trasplante, al inicio de la vegetación y después de la primera corta.

Si se cultiva en regadío, se suelen dar, al menos, tres riegos que aseguran su normal desarrollo vegetativo y dos cortes anuales.

d) Herbicidas:

Una de las operaciones más importantes es eliminar las malas hierbas que compiten con el cultivo.

Su peor enemigo vegetal es la grama (*Cynodon dactylon*) que se desarrolla en

el interior de la propia cepa o pegadas a ellas y se enredan con sus tallos, lo que dificulta extraordinariamente su eliminación, incluso a mano. Este problema se combate con el empleo de ISOPROTURON (materia activa del Graminon o del Arelon).

El método que se usa normalmente para eliminar la grama son las labores mecánicas superficiales y la escarda complementaria a mano. Este método resulta penoso y caro, además de provocar algunos daños a la planta, por eso se pretende en la actualidad solucionar el problema con el empleo de herbicidas, pero mientras se sigan dando labores con la maquinaria, se debe tener la precaución de no dañar las plantas, sobre todo cuando las temperaturas son elevadas, procurando que queden aporcadas y las raíces bien protegidas, especialmente en períodos de intensas heladas.

La bibliografía consultada recomienda que, durante el primer año de cultivo, se emplee el herbicida selectivo LENACILO (materia activa del Venzar) en dosis de 1 kg/ha de producto comercial, en el momento de la plantación.

Los cultivadores franceses de estas dos subespecies (ITEIPMAI, 1992) han comprobado además, durante su primer año de cultivo, la eficacia e inocuidad de los siguientes herbicidas selectivos como tratamientos de post-plantación:

| MATERIA ACTIVA Dosis: kg/ha | NOMBRE COMERCIAL dosis/ha | PERSISTENCIA | CONDICIONES DE APLICACION |
|--------------------------------|------------------------------|--------------|---|
| Bentazón 1,2 | BASAGRAN 2,5 l | nula | Eficaz contra adventicias en estado cotiledonar. |
| Clorprofam 2,4 | N.e. ² 6,0 l | 2 meses | Tratar sobre suelo limpio al comenzar la infección. |
| Metazaclo 1,25 | BUTISANS 2,5 l | 4-6 meses | Eficaz antes nacimiento o con adventicias <3 hojas |
| Monolinuron 1 | ARESIN PM 2 kg | 2-3 meses | Eficaz hasta adventicias en estado con 3-4 hojas. |
| Napropamida 1,125 | DEVRIOL 2,5 l | 6 meses | Tratar sobre suelo limpio, regar a continuación. |
| Propizamida 1,5 | KERB 50 3 kg | 2-4 meses | Aplicar sobre suelo limpio, regar a continuación. |
| Piridato 0,9 | LENTAGRAN 2 kg | nula | Tratar sobre plántulas y plantas jóvenes. |

A partir del segundo año de cultivo las adventicias pueden ser controladas

² N.e.: Numerosas especialidades con 400 g.

Cultivo del orégano

gracias al empleo del herbicida selectivo TERBACILO (materia activa del Sinbar), que controla un mayor número de malas hierbas. Este será utilizado como tratamiento de pre-emergencia, antes del arranque de la vegetación:

| MATERIA ACTIVA Dosis: g/ha | NOMBRE COMERCIAL dosis/ha | PERSISTENCIA | CONDICIONES DE APLICACION |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---|
| Terbacilo 800 | SINBAR 1 kg | 4-6 meses | Aplicar en primavera sobre suelo limpio y húmedo. |

2.3.5 Plagas y enfermedades:

Varios tipos de parásitos han sido señalados sobre el cultivo de orégano. Generalmente los ataques no son muy importantes. En caso de encontrarnos frente a un severo ataque, se recomienda intervenir aplicando los productos disponibles en el comercio aplicables a cultivos hortícolas. Los principales patógenos son:

2.3.5.1 Hongos:

Un hongo de la familia *Pythiaceas*, el *Phytophthora cryptogea* provoca necrosis en las zonas del cuello y raíz de la planta. Los pies atacados por este patógeno se caracterizan por presentar ramas y hojas secas con manchas amarillas. Estos ataques son frecuentes en primavera, cuando los suelos están húmedos y compactos.

En verano, un oidium causado por *Erysiphe galeopsidis* provoca manchas blanquecinas en los tallos y hojas de los pies atacados.

Otra enfermedad común en el orégano es la podredumbre debida a *Botrytis cinerea* y a la roya, causada por *Puccinia rubsaameni* (ITEIPMAI, 1992) y por *Puccinia oregani* (Valdés, 1990) que parasitan al orégano provocando manchas blanquecinas sobre los tallos y hojas de las cepas infectadas. Sus ataques merman

bastante la producción al provocar la caída de las hojas prematuramente y no poder acabar las plantas su ciclo. Estos patógenos son especialmente peligrosos en las primaveras húmedas, atacando con más virulencia cuanto más frecuentes son las lluvias. Los tratamientos deben ser preventivos, a base de azufre y fungicidas cúpricos. Por el momento, tanto la OXICARBOXINA como el MANEB son dos materias activas que han dado un resultado esperanzador, sobre todo la primera, realizando el primer tratamiento a finales de abril o primeros de mayo y repitiendo una o dos veces más, dependiendo de la climatología, con un intervalo de 10 a 15 días.

2.3.5.2 Insectos:

En tiempo seco puede aparecer un patógeno importante para el orégano que es un ácaro, concretamente el *Tetranychus urticae*, el cual ataca los órganos verdes de la planta y absorbe los jugos celulares provocando la desecación de las células y dando un aspecto mustio a la cara superior de las hojas. Este ácaro, de color amarillo, es el origen del nombre de la enfermedad, que en francés se denomina "le tétranyque tisserand", y que en español se podría traducir como "el tetraníquido tejedor". Se combate con la aplicación de DICOFOL (materia activa del Acartotal).

Además, en todas las etapas y diferentes formas de cultivo debe prestarse especial atención al control de las hormigas, por ser ésta una plaga que tiene especial avidez por el orégano, llegando a causar grandes daños (Collura et al., 1974; Lalourcame et al., 1994). En el mercado existen productos comerciales altamente eficaces contra esta plaga; en nuestra experiencia obtuvimos buenos resultados al emplear DIAZINON (materia activa del Gesal) a las dosis recomendadas por el fabricante.

Esporádicamente el orégano puede ser atacado por los pulgones, que se combaten fácilmente con un aficida como por ejemplo el DIMETOATO (materia activa

Cultivo del orégano

del Cekutoate) y PIRIMICARB (materia activa del Aphox). Igualmente se ha señalado otro patógeno, una chinche, el *Eupteryx decemnotata* que se combate eficazmente con MALATION + LINDANO (materias activas del Probelte).

En condiciones de humedad y temperatura adecuadas es frecuente la presencia de la "mosca blanca", que se combate con éxito al emplear METIL-PIRIMIFOS (materia activa del Actellic 50-E).

2.3.5.3 Nemátodos:

La bibliografía (Gallo, 1974; Lalourcame, 1994) consultada señala la presencia de nudosidades en las raíces como síntoma de presencia de nemátodos, y señala los ataques producidos por *Meloidogyne* spp y *Nacobbus aberrans* (Gallo, 1974; Lalourcame, 1994).

2.3.5.4 Virus:

En el orégano se han descrito dos virus, el virus del mosaico de la alfalfa (AMV) y el virus de las células del pepino (CMV). Ambos son transportado por pulgas y originan sobre las hojas manchas amarillas y blanquecinas, deformación y marchitamiento que retarda y detiene el crecimiento de la planta (Feldman y Gracia, 1977; ITEIPMAI, 1992).

2.3.6 Recolección:

El primer año de vegetación solamente es posible una corta; a partir del segundo año pueden hacerse dos recolecciones anuales, en julio-agosto y en octubre. La recolección se puede realizar a mano, con hoz, o mecánicamente utilizando autocargadoras con corta rotativa tipo Busatis.

La recolección se efectuará cuando el cultivo esté en plena floración. Cortando en esta etapa, el producto obtenido es liviano, esponjoso, de mucho aroma y muy buena presentación. Si se corta con poca o nula floración, el producto final es compacto, de poco aroma y mala presentación. La recolección se debe comenzar a partir del momento en que se ha levantado el rocío; esto ocurre comúnmente alrededor de media mañana. Después de la siega debe darse un riego, si es preciso, a fin de obtener una segunda cosecha en otoño, tras la cual la planta entra en reposo hasta la primavera siguiente.

Cuando el orégano se destina al mercado fresco (subcongelados) se hace una corta cada 5-6 semanas. Pero en este caso el producto segado está constituido por la parte aérea sin flor.

Si en plena floración la planta no ha sido segada, ésta continúa su ciclo vegetativo hasta la formación de las semillas, que hacia el mes de octubre alcanzan su estado de madurez, siendo el momento idóneo para su recolección.

2.3.7 Procesado de la cosecha:

El secado es un momento crucial para la calidad de la cosecha, pues tanto una lluvia inoportuna como el agua de rocío nocturno, pueden producir el ennegrecimiento del producto, causando la lógica depreciación.

Procesado tradicional:

Los productores tradicionales, con escasos medios, dejan el material cortado en hileras sobre el terreno hasta mitad de la tarde para su secado. Entre 5 ó 6 horas de exposición al sol suelen ser suficientes para la eliminación de la humedad, de esta forma se efectúa la desecación en algunos lugares de climas secos, poco soleados, y

ventosos.

Posteriormente, el material recolectado se extiende en capas delgadas en locales sombreados o se cuelga en pequeños manojos, a una temperatura comprendida entre los 30-40 °C. Una vez realizada la desecación de la planta, se amontona la cosecha formando previamente gavillas. A continuación se transporta a la era, que tiene el suelo pavimentado, donde se trilla. Esto se hace pasando repetidas veces el tractor sobre el material extendido, y las ruedas del tractor van triturando las gavillas de planta seca, con lo que se consigue que las hojas y flores se separen del tallo. Posteriormente se mueve y sacude con horcas para separar los tallos y amontonarlos fuera de la era. Finalmente, como el producto es de escaso peso y no permite el aventado, se pasa por un tamiz o criba, que retiene los restos de tallos, separándose las hojas y flores ya limpias, con lo cual la cosecha queda dispuesta para su ensacado.

El procesado moderno:

Como interesa que el secado se realice con la mayor rapidez posible, actualmente, los productores con mejores medios suelen hacer un desecado forzado en secaderos, fijos o móviles, que resultan útiles para tratar grandes cantidades de material vegetal en poco tiempo y en los que la temperatura y humedad es controlada, dando gran uniformidad al producto obtenido.

Para el deshojado y cribado se emplean máquinas desfoliadoras y aventadoras-cribadoras mecánicas, con una tolva frontal por donde se carga el material que cae a un conjunto de cilindros con púas, los que al girar, baten con violencia el material desprendiéndose las hojas. Los trozos de tallos, ramas y pedúnculos florales se separan por gravedad.

Las hojas y partes florales, semilimpias son a continuación pasadas por un juego

mecánico de zarandas o cribas, de donde sale el orégano en condiciones para ser embolsado.

Generalmente, el producto obtenido consiste en una mezcla de hojas y flores que representan aproximadamente un 40-60% de la parte cosechada. La relación peso seco/peso fresco ronda un 35-40%. El porcentaje de hoja pura seca a planta fresca recolectada oscila entre el 15 y el 18% de su peso, según la humedad relativa del medio.

2.3.8 Rendimientos:

Los rendimientos del material obtenido están en función de los factores edafoclimáticos, del cultivar empleado, de la fertilización suministrada al suelo y de las labores culturales aplicadas. En general se puede estimar que el primer año, para un cultivo de 50.000 pies/Ha, un rendimiento de 3 tm/Ha de planta fresca, de donde se obtendrá 1 tm de planta entera seca y 0,5 tm de hojas y flores secas. En el segundo año, y para las mismas condiciones, dicho cultivo puede proporcionar 15 tm/Ha, o más, de planta fresca entera, de donde se obtendrá de 3-4 tm de hojas y flores secas. El rendimiento en hojas puras secas es el 15% de planta entera fresca, lo que supone, al menos, 2.250 kg de hoja pura seca. Por tanto, podemos concretar que el peso útil es una quinta parte del peso fresco obtenido; luego, se comercializa la quinta parte de lo que se cosecha.

La destilación de la planta florida fresca suministra 2 kg de aceite esencial por tonelada, es decir, un rendimiento medio de 30 kg/Ha de aceite esencial. Estos rendimientos son siempre mayores para el caso de la ssp. *virens*, que puede llegar a duplicarlos. Los resultados experimentales obtenidos por nosotros, en plantas seleccionadas, son superiores a los citados por la bibliografía y la Farmacopea (0,5%) y fueron de 0,67-1,23% para la ssp. *vulgare* (ver apartado 4.3.8.1.4) y de 0,95-1,30%

Cultivo del orégano

para la ssp. *virens* (ver apartado 4.3.8.2.4).

El rendimiento en semillas se ha calculado en 125-130 kg/Ha. En los cultivos experimentales realizados por nosotros en el INIA se obtuvo un peso medio de semilla por planta de 0,67 g, para la ssp. *vulgare*, y de 1,22g para la ssp. *virens* (ver apartado 4.1.2).

Generalmente todos los rendimientos obtenidos van aumentando sucesivamente con los años de cultivo hasta llegar al tercer o cuarto año, en que se estabiliza y, a partir del sexto año comienza de nuevo a descender hasta el octavo año en que habitualmente se levanta y se regenera la plantación.

**III. ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA MULTIPLICACION
Y CULTIVO DEL OREGANO FERTILIZADO CON LOS
OLIGOELEMENTOS COBRE Y ZINC**

3.0 ACCION DEL COBRE Y DEL ZINC EN LA FISIOLGIA VEGETAL Y ANIMAL

Como indicábamos en el apartado 2.7 (punto 2.7.3.4 b) son escasas las experiencias y literatura específica de la fertilización con macronutrientes sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento de las cosechas de orégano; pero no hemos encontrado bibliografía, sobre la influencia que ejercen los micronutrientes. Por ello, nos ha parecido oportuno ampliar el estudio del cultivo con la posible influencia que puedan ejercer determinados oligoelementos sobre el rendimiento en biomasa y en aceite esencial.

Son bien conocidas las eficaces propiedades germicidas y fungicidas del cobre y del zinc, debidas a sus acciones oligodinámicas y consiguientes aplicaciones terapéuticas, humanas, veterinarias y fitosanitarias. Entre los oligoelementos habitualmente estudiados en los cultivos y, ante la imposibilidad de abarcar todos ellos, en nuestro estudio, hemos elegido el cobre y el zinc por su importancia en la fisiología

y nutrición vegetal y animal (Gros, 1981), especialmente cuando el orégano es consumido por el ganado en pastoreo o formando parte de piensos compuestos.

Por otro lado, y ante la falta de información, esperamos que esta experiencia pueda contribuir a futuros estudios al respecto.

3.0.1 El cobre y el zinc en la planta:

El Cu es absorbido por las plantas en cantidades mínimas, estando los contenidos de cobre sobre materia seca comprendidos generalmente entre 2 y 20 ppm. La movilidad del cobre en la planta es bastante restringida, aunque puede desplazarse de las hojas viejas a las nuevas o zonas de crecimiento. Loneragan *et al.* (1980) exponen que el Cu no se desplaza de las hojas más que cuando éstas pierden sus compuestos orgánicos nitrogenados. Los transportadores de Cu en la savia se piensa que muy probablemente son los aminoácidos, debido a la afinidad del Cu por el átomo de nitrógeno de éstos.

La movilidad del Zn en plantas no es muy grande, en comparación con el Cu, y tiende a acumularse en la raíz, pared celular y córtex. La forma bajo la cual el Zn es transportado desde las raíces hacia las partes superiores de las plantas no es conocida. No obstante, se piensa que éste se realiza mediante un control metabólico.

Tanto el Cu como el Zn juegan un papel muy importante en diversas reacciones enzimáticas en las que son esenciales para la actividad catalítica.

3.0.1.1 Fisiología del cobre:

(Baker, 1983; Salisbury *et al.*, 1985; Del Río, 1986; ICARDA, 1987; Loué, 1988; Muñoz, 1992)

En la planta, el 70% del Cu se encuentra en los cloroplastos y concretamente

se localiza en dos proteínas la plastocianina y la superóxido dismutasa (Baker, 1983); de lo que se deduce que el Cu interviene en la fotosíntesis formando parte del sistema de transporte de electrones y se relaciona con el contenido de O_2 en la reacción de Hill. También se ha señalado al cobre como estabilizador de la clorofila.

El Cu forma parte en los vegetales del grupo prostético de un gran número de proteínas involucradas en procesos de oxidación y reducción. Ejemplos notables son la citocromo oxidasa, la oxidasa que cataliza la oxidación del ácido ascórbico; la diamina oxidasa que participa en la reducción del NO_2^- (ICARDA, 1987); polifenol-oxidasa, entre las que destaca por su importancia la tirosinasa por ser una enzima que, en presencia de oxígeno atmosférico, oxida la tirosina en dehidroxifenil-alanina; otro importante ejemplo es la superóxido-dismutasa (SOD), que cataliza la dismutación de los radicales libres superóxido (O_2^-). Esta enzima se localiza fundamentalmente en el citoplasma, aunque también se ha descrito su presencia en el espacio intermembranoso mitocondrial y en lisosomas. En organismos eucarióticos fotosintéticos esta enzima se presenta en las plantas más primitivas y en las plantas de semilla, estando la mayor parte de la enzima ubicada en los cloroplastos (Del Río, 1986).

La plastocianina es otra metaloenzima que contiene cobre, pero carece de actividad oxidasa; esta enzima realiza el transporte de electrones entre el fotosistema I y II. La mitad del cobre que encontramos en el cloroplasto está en forma de plastocianina, de las que existen de 3 a 4 moléculas de plastocianina por cada mil moléculas de clorofila.

También se ha demostrado el papel del cobre en el metabolismo de las paredes celulares, en particular en el proceso de lignificación, pues en la síntesis de ligninas intervienen enzimas fenoloxidantes que contienen cobre, como la lacasa y la peroxidasa. Rahimi *et al.* (1974) demostraron que en ausencia de Cu disminuye la pared celular y no se forma lignina. Los vasos no lignificados del xilema son

comprimidos por los tejidos vecinos, y no pueden ser usados para el transporte de agua y de los solutos. Sin la presencia de cobre, las polifenol-oxidasa no pueden actuar en la lignificación del xilema y otros tejidos; entonces, el transporte de agua y solutos disminuye al existir menos vasos en el xilema y se produce el marchitamiento y el enrollamiento e inclinación de los peciolo y tallos.

Mengel y Kirkby (1982) citan resultados según los cuales el Cu interviene en la fijación simbiótica del nitrógeno y favorece la utilización de nitrógeno y la síntesis de proteínas.

El cobre interviene igualmente en la producción del grano, por su papel sobre la viabilidad del polen, y en la resistencia a las enfermedades (Bussler, 1981).

3.0.1.2 Fisiología del zinc:

(Campos, 1981; Baker, 1983; Salisbury *et al.*, 1985; ICARDA, 1987; El-Gengaini *et al.*, 1987; Loué, 1988; Moore *et al.*, 1988; Gárate, 1992)

Entre las metaloenzimas que contienen zinc en su estructura se encuentra la anhidrasa carbónica, que interviene en el proceso respiratorio. Esta enzima es la principal reguladora del pH, siendo esencial para la utilización del ácido carbónico.

Pero además el Zn es un constituyente esencial de proteinasas, peptidasas como la dehidropeptidasa y la carboxipeptidasa, y también como cofactor de varias deshidrogenasas, en particular la deshidrogenasa del ácido láctico, del ácido glutámico (GDH) y la alcohol deshidrogenasa (ADH).

El zinc interviene también en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Diversos trabajos han demostrado que en plantas deficientes en Zn, la primera manifestación es una reducción importante del RNA (la RNA-polimerasa II necesita

Zn), es decir, se reduce la síntesis de RNA lo que provoca una inhibición de la síntesis de proteínas. Praske y Plocke (1971) demostraron que los ribosomas presentaban contenidos importantes de zinc y que éstos parecen estabilizar la estructura de aquellos. La deficiencia de Zn se presenta también acompañada de una drástica disminución del número de ribosomas y de su estabilidad, así como se ha observado una actividad creciente de la ribonucleasa y una acumulación de nitratos, lo que indica que el Zn está también implicado en la reducción de los nitratos y en la síntesis de los aminoácidos.

El zinc es además estabilizador de membrana y previene la ruptura de lípidos insaturados durante la peroxidación lipídica.

Una de las funciones más importantes del Zn es su efecto sobre la regulación del crecimiento al controlar la síntesis de triptófano a partir de indol y serina, en presencia de la peridoxal-fosfatasa. El triptófano es un precursor de auxinas. Se ha observado que a las pocas horas de una aplicación con zinc el contenido de auxina se regenera claramente.

3.0.2 El cobre y el zinc en los cultivos:

3.0.2.1 Deficiencia, corrección y toxicidad del cobre:

(Salisbury *et al.*, 1985; MAPA, 1985; ICARDA, 1987)

Aunque las **necesidades** de los cultivos en cobre son mínimas, situadas frecuentemente en un entorno de 25 a 150 g/ha, en determinadas condiciones de los suelos, para ciertos cultivos muy sensibles, estas dosis de cobre pueden ser insuficientes y limitar los rendimientos.

Los principales factores susceptibles de favorecer la deficiencia de Cu encontramos: escasez de reservas de Cu total en el suelo o mala disponibilidad del Cu

de suelo para las plantas, el pH del suelo y las interacciones con otros elementos fertilizantes.

Las reservas totales de Cu del suelo suponen una indicación útil del riesgo de deficiencia. Para los cultivos sensibles, el Cu total debería ser superior a 4-6 ppm en el caso de suelos minerales y 20-30 ppm en el caso de suelos orgánicos. La asimilabilidad del Cu depende del pH, pero no aumenta considerablemente más que si éste baja de 5. Las interacciones con otros elementos nutritivos pueden también favorecer la deficiencia de Cu. Este es el caso de fertilizaciones elevadas con nitrógeno. En suelos pobres en Cu, las aplicaciones suficientemente elevadas de abonos de Zn pueden agravar la deficiencia de Cu; también puede presentarse carencia de Cu en suelos muy ricos en materia orgánica y en los suelos minerales que reciben fuertes aportaciones de fosfatos, pues, parece ser que se forman complejos de Cu insolubles.

Los síntomas de la deficiencia en cobre citados por la bibliografía han sido descritos para determinadas plantas y fases avanzadas de carencia. Pero en general no existen síntomas de la deficiencia de Cu particularmente típicos y fáciles de detectar.

Los signos de deficiencia más típicos se dan en las zonas de crecimiento y bordes de las hojas más jóvenes. Las puntas de tallos y ramas aparecen retorcidas y con muerte de los brotes jóvenes, y las hojas jóvenes se oscurecen. Tras años de deficiencia prolongada, la planta presenta un aspecto más o menos raquítico y depauperado; esto es debido a que la deficiencia afecta principalmente a los tejidos más recientemente desarrollados, debido a la escasa movilidad del Cu en las plantas deficientes. Las plantas afectadas suelen presentar necrosis en las hojas, que toman una apariencia de marchitez y un color oscuro. En ocasiones aparecen fuertemente enrolladas y con el ápice blando. Disminuye la calidad de las semillas. En general, se aprecia un desarrollo y una coloración anormal en las plantas.

Las enfermedades debidas a la deficiencia de cobre en las plantas tienen distintos nombres según el cultivo, tales como "enfermedad de la roturación", "exantema" y "amoniación" en cereales, "marchitamiento descendente" en frutales.

Para **corregir esta deficiencia** frecuentemente se aplica al suelo Cu en forma mineral u orgánica, aunque también se puede utilizar la pulverización foliar.

Una **aportación excesiva** de cobre puede producir una reducción del crecimiento, y más particularmente el de las raíces que aparecen entonces engrosadas, poco ramificadas y con raicillas de color oscuro. El signo más claro del exceso de Cu es la inducción de la clorosis férrica, pues el contenido de las hojas en hierro puede verse disminuido. Este efecto perjudicial está relacionado con la facilidad del Cu de desplazar a otros cationes metálicos de centros fisiológicos importantes.

Aportaciones sucesivas de cobre a través de tratamientos fitosanitarios pueden producir efectos fitotóxicos que se palian con aplicaciones de fósforo. Debe tenerse en cuenta el problema de los efectos residuales de las aplicaciones de cobre, ya que todo el cobre aplicado queda fijado, normalmente, en los primeros 10-15 cm de superficie.

También existe riesgo de **toxicidad** en aquellos casos en los que los agricultores incorporan regularmente al suelo estiércoles, purines, residuos urbanos y espumas de depuradoras más o menos ricas en Cu. El estiércol y el purin pueden ser especialmente ricos en Cu como consecuencia de los complementos minerales añadidos a los piensos.

3.0.2.2 Deficiencia, corrección y toxicidad del zinc:

(Campos, 1981; MAPA, 1985; ICARDA, 1987; Loué, 1988; Gárate, 1992)

La **deficiencia** de zinc en los cultivos es una de las más extendidas y puede ser también que sea la de más incidencia sobre los rendimientos.

Los principales factores capaces de generar o agravar la deficiencia de Zn son la escasez natural de este elemento en los suelos, especialmente en los arenosos ácidos muy lavados, llegando a tener sólo de 10 a 30 ppm de Zn total; suelos con pH elevados o que han sido fuertemente encalados; las bajas temperaturas también influyen en la deficiencia causando una baja solubilidad de Zn en el suelo y una escasa asimilabilidad por parte de la planta, que podría deberse a la disminución del desarrollo radicular en los suelos fríos.

También se ha descrito que cantidades elevadas de fósforo asimilable o abonados fosfatados son susceptibles de disminuir la asimilabilidad de Zn. Diversos estudios indican que el fósforo interfiere la utilización de Zn por las plantas, haciendo que el transporte de este micronutriente sea más lento a partir de las raíces hacia los puntos de crecimiento. Por otro lado, los abonos nitrogenados tienden a aumentar la absorción de Zn.

La carencia de Zn recibe distintas denominaciones, más o menos expresivas, tales como "enfermedad del brote blanco" (white bud) sobre maíz y sorgo; "pequeñas hojas en roseta" (little leaf) en árboles frutales; "enfermedad de la moradura u hoja moteada" (mottle leaf) en cítricos; "enfermedad de las hojas en hoz" (sickle leaf) en el cacao, etc...

De una forma general podemos describir como síntomas más permanentes de la deficiencia de Zn los signos de clorosis entre los nervios, aparecen manchas dispersas y dibujos arborescentes de color verde sobre fondo amarillo. Las hojas se muestran ligeramente engrosadas y con su tamaño reducido, la longitud internodal aparece considerablemente reducida, las ramas presentan hojas pequeñas y con tendencia a enrollarse en espiral formando especies de rosetas terminales que caen prematuramente, así como malformaciones de hojas y brotes, pérdida de la dominancia apical y disminución del crecimiento de la planta.

La deficiencia de Zn en la planta puede traer consigo cambios fisiológicos, como pueden ser el contenido de amidas y/o aminoácidos, alteraciones en el metabolismo de la auxina (entrenudos más cortos) e inhibición de la síntesis de RNA, perjudicando así el desarrollo normal de los cloroplastos.

Para corregir las deficiencias de Zn se pueden aplicar abonos con este elemento bajo forma mineral u orgánica; también se pueden aplicar abonos completos NPK, abonos de mezcla, complementados con Zn bajo diversas formas.

Entre los productos minerales, el sulfato de zinc, por su solubilidad, es la fuente mineral de este elemento más utilizada. Entre las fuentes orgánicas destacamos los quelatos de zinc, y especialmente el EDTA Zn. Estas dos fuentes son frecuentemente equivalentes, aunque el EDTA Zn es más eficaz para ciertas plantas y para la aplicación en bandas. Los quelatos son en general más efectivos en suelos muy alcalinos con fuerte fijación de Zn.

Como otras fuentes orgánicas de Zn destacan los lignosulfonatos y poliflavonoides, pero son claramente menos estables en el suelo que los quelatos.

La aplicación de estos correctores al suelo es el método más utilizado para prevenir las deficiencias de Zn. Debido a que el Zn se desplaza muy poco en el suelo, son poco eficaces las aplicaciones en superficie y por ello es preferible realizar una mezcla con el suelo o utilizar las aplicaciones foliares. La aplicación son, sobre todo, medidas de salvaguardia practicadas con la aparición de los síntomas y no pueden reemplazar la corrección al suelo.

En cantidad excesiva en el suelo, el Zn puede llegar a ser tóxico para las plantas. La bibliografía relativa a los casos de toxicidad de Zn es sin embargo bastante escasa. Generalmente la toxicidad del Zn aparece sobre suelos muy ricos, de forma

natural, por derivar de minerales ricos en Zn o sobre suelos contaminados, o después de fertilizaciones de corrección con Zn muy elevadas y frecuentes.

El exceso de Zn se traduce en contenidos muy elevados en la planta, superiores a 400 ppm, sin que se pueda realmente fijar un umbral preciso de toxicidad. Se pueden producir desequilibrios en la nutrición y se ha demostrado que los contenidos de los tejidos vegetales en P y Fe se ven disminuidos; también hay síntomas descritos que corresponden a una clorosis férrica. La aplicación de cal es susceptible de frenar la absorción excesiva de Zn.

3.0.3 El cobre y los animales:

(NRC, 1980; Solomons *et al.*, 1984; Del Río, 1986; Loué, 1988; Milne *et al.*, 1990; Lurie *et al.*, 1990; Barberá *et al.*, 1993)

Acción fisiológica:

El Cu es un elemento esencial para que los organismos animales realicen funciones tan importantes como el crecimiento y la producción de células sanguíneas. Aproximadamente el 95% del Cu presente en plasma está asociado a las proteínas cúpricas ceruloplasmáticas, que desempeñan diversas funciones, entre las que se han descrito como proteína transportadora de Cu, como una ferroxidasa en el metabolismo del hierro, como una Cu-superóxido dismutasa que participa en la función bactericida de los glóbulos blancos y en la producción de neutrófilos. La anemia ha sido asociada a una deficiencia de Cu (Broun, *et al.*, 1990), pues, aunque el Cu no forma parte de la hemoglobina, facilita el metabolismo y la absorción de hierro, así como juega un papel importante en la coagulación sanguínea y funciones autoinmunitarias. Recientemente se ha asociado una baja ingesta de Cu, en conjunción con otros componentes de la dieta, con una creciente incidencia de enfermedades vasculares.

El cobre también interviene en la síntesis adrenal de catecolaminas (dopamina-β-

hidroxilasa) y en la producción de energía mitocondrial vía fosforilación oxidativa (citocromo-c-oxidasa). Este oligoelemento también juega un papel importante en el mantenimiento funcional y estructural de la célula nerviosa y en la mielinización de las fibras nerviosas.

Saltzman *et al.* (1990) describen una enfermedad de transmisión genética recesiva llamada "la enfermedad de Wilson", en la que el metabolismo del cobre se desorganiza y lleva a una acumulación de este metal en el corazón, hígado y sistema nervioso central, resultando ser fatal si no se trata adecuadamente.

Existe la convicción de que en los mecanismos dañinos de muchas enfermedades humanas intervienen radicales de oxígeno reactivos; de hecho, la Cu-superóxido dismutasa (Cu-SOD) se viene utilizando desde hace algún tiempo, con efectos secundarios debidos a la terapia con radiaciones ionizantes (Del Río, 1986). Por otra parte, también se han observado efectos protectores de esta Cu-SOD en algunas enfermedades autoinmunes, en lesiones pulmonares ocasionadas por leucocitos y frente a algunos compuestos citotóxicos.

Pero el cobre también forma parte de otras cuproenzimas que intervienen en el proceso de formación del pigmento melanina en el pelo y piel (tirosinasa), en la síntesis de las subunidades estructurales del colágeno y la elastina (lisil-oxidasa) y en la estructura terciaria de proteínas como la queratina (monoamina-oxidasa).

Necesidades:

El National Research Council (1980) recomienda una dosis diaria comprendida entre 2-3 mg. Por otro lado, Milne *et al.* (1990) estiman la recomendación diaria, para adultos varones sanos, entre 1,3-2 mg.

Cuando el Cu aparece en exceso en los alimentos, éste se convierte en un tóxico

potente, capaz de originar la muerte.

Deficiencias en humanos:

La deficiencia de cobre en humanos se manifiesta, entre otros, por una despigmentación de la piel y del pelo, aneurisma arterial y tortuosidad vascular, retraso psicomotor y retraso del crecimiento.

Se ha lanzado la hipótesis de que la relación Cu/Zn de la dieta está asociada al riesgo de enfermedades coronarias. Así, cuando esta relación es alta, la absorción de Cu puede verse perjudicada, con la subsiguiente malogración en la regulación del metabolismo del colesterol (Solomons *et al.*, 1984).

Deficiencias en animales:

Las principales deficiencias de cobre en animales se manifiestan a través de numerosos síntomas que no son claramente visibles en cada animal, sino en el conjunto de la manada, y son:

- inapetencia
- trastornos de crecimiento y de producción de grasa
- disminución de la producción de leche
- malicia (ausencia del gusto)
- anemia (especialmente en animales jóvenes)
- trastornos óseos, articulaciones nudosas, fracturas espontáneas en los jóvenes, cojera de los animales sobre pastos deficientes en Cu.
- trastornos nerviosos: las cojeras y la ataxia son debidas a la desmielinización de la sustancia blanca del SNC. Estos síntomas se caracterizan por parálisis y mala coordinación de los miembros posteriores, paso rígido y titubeante, balanceo exagerado de las partes posteriores.
- trastornos cardíacos, típicos si se manifiestan en serie en una ganadería.
- diarreas: este trastorno se manifiesta sobre todo en las zonas que tienen exceso de molibdeno y bajos contenidos en cobre.
- decoloración del pelo, especialmente alrededor de los ojos, síntoma específico

y muy utilizado para el diagnóstico de la deficiencia de cobre en los bovinos de raza coloreada.

- en los ovinos se produce la pérdida de las ondulaciones de la lana, que parece rígida, signo muy característico.

3.0.4 El zinc y los animales:

(NRC, 1980; Solomons *et al.*, 1984; Loué, 1988; Moser-Veillon, 1990; Saltzman *et al.*, 1990; Muñoz, 1992; Barberá *et al.*, 1993)

Acción fisiológica:

El Zn es un elemento esencial implicado en numerosos sistemas corporales y se encuentra en concentraciones comparativamente altas en la piel, ojos, el hígado, el páncreas y los huesos. Mantiene la piel sana, siendo fundamental para la cicatrización de las heridas; en ciertos animales, cerca de la mitad del Zn se encuentra en la piel y en el pelo.

El zinc está implicado en el metabolismo de diversos principios nutritivos. En animales, incluyendo humanos, se ha detectado una enfermedad congénita, la acrodermatitis enteropática, causada por la mala absorción intestinal de Zn, y aquellos individuos que la padecen acusan retraso en el crecimiento, lesiones en la piel, trastornos del comportamiento, diarrea, infecciones recurrentes y defectos en la inmunidad. Por otro lado, y aunque aún no está confirmado en humanos, los ensayos realizados con animales sugieren que la diabetes altera la absorción de Zn (Solomons *et al.*, 1984).

El zinc es un oligoelemento constituyente de diversos sistemas metaloenzimáticos, que implican más de cien enzimas que participan en diversos procesos metabólicos claves; entre dichos enzimas podemos destacar las DNA y RNA-polimerasas, nucleotidil-transferasas, fosfatasa alcalina y anhidrasa carbónica, donde

el metal parece proporcionar integridad estructural y/o participar directamente en la reacción que se produce en el sitio activo de la enzima.

La anhidrasa carbónica es una enzima que contiene un 0,33% de Zn y juega un papel importante en el equilibrio ácido-básico del cuerpo, en la liberación de CO₂ en los pulmones, así como en la calcificación de los huesos.

La probabilidad de que el zinc participe en la defensa del huésped, en procesos citoestructurales y regulatorios, proporciona una nueva visión del papel que el Zn juega en los sistemas biológicos. Por otra parte, y debido a que estudios recientes han demostrado que la ingesta de Zn en la dieta generalmente es deficitaria, con lo que su biodisponibilidad en muchos alimentos es cuestionable; este elemento está actualmente cobrando una especial significancia nutricional.

Necesidades:

El zinc ha de ser aportado a la dieta humana para mantener el crecimiento y la salud. Estudios recientes han sugerido que, como consecuencia de su mayor consumo energético, individuos del sexo masculino presentan una mayor necesidad de Zn frente al sexo femenino (Moser-Veillon, 1990); de ahí que las dosis de Zn recomendadas en la dieta estén en función del sexo. El National Research Council (1980) y otros autores posteriores como Moser-Veillon (1990) y Barberá *et al.* (1993) recomiendan a los hombres una media ingerir 15 mg/día, mientras que a las mujeres sólo 12 mg/día, debido a su menor peso corporal.

Deficiencias en humanos:

La deficiencia de Zn provoca una disminución de la síntesis protéica, reduce los cambios cálcicos de los huesos lo que puede originar falta de crecimiento o crecimiento retardado, curación lenta de heridas, maduración sexual tardía debida a un desarrollo insuficiente de las glándulas sexuales, caída del pelo, dermatitis, anorexia, vómitos y

alteraciones del sentido del gusto.

Deficiencias en animales:

Los principales síntomas de deficiencia de zinc en animales aparecen, sobre todo, en los jóvenes y son los siguientes:

- retraso del crecimiento e inapetencia (con mala utilización de la ración).
- trastornos óseos: el zinc es necesario para una correcta formación de los huesos. En animales jóvenes muy deficientes en Zn, su esqueleto es de menor tamaño, los huesos de las patas son cortos y espesos, las uniones de las corvas son espesas; las patas son débiles y la marcha es titubeante.
- enfermedades de la piel: caídas del pelo y alopecias, erosiones cutáneas, dermatosis, hiperqueratosis por todo el animal.
- retraso de la madurez sexual, esterilidad, pérdida de fertilidad.

3.0.5 El cobre y el zinc en los forrajes:

(Salisbury *et al.*, 1985; Loué, 1988; Muñoz, 1992)

Tanto el cobre como el zinc son absorbidos por las plantas de orégano y, a partir de ellos se sintetizan compuestos vitales en el metabolismo animal; es decir, las plantas de orégano pueden jugar un papel muy importante en la nutrición de los animales domésticos gracias a su valor nutritivo y remineralizante.

Pero los forrajes comunes, incluso el heno ensilado, generalmente tienen un contenido medio en Cu de 5 ppm, referidos a materia seca, inferior al umbral de carencia para los animales que es de 7 ppm, y menor aún que la ración normal que se estima en 10 ppm. Por otro lado, el contenido medio de los forrajes en Zn es menor a 50 ppm, por lo que puede ser preciso añadir a la ración un 25% de zinc, por término medio.

Por ello, el valor remineralizante del orégano es de escaso interés para el hombre, que las consume en pequeñas cantidades y como condimento, pero es enorme en la alimentación animal, bien cuando son consumidas en estado fresco por el ganado o utilizando los residuos de la destilación y extracción de sus aceites esenciales como saborizante y conservante de piensos, ya que en estos residuos perduran los microelementos, especialmente cobre y zinc, cuyas dosis correctas no alcanzan los pastos ni siquiera los forrajes ensilados incluidos el maíz (Muñoz, 1992).

Con todo lo anteriormente expuesto se justifica la importancia que tienen los oligoelementos cobre y zinc en la fisiología y terapéutica vegetal y animal.

Esta evidencia y la ausencia de literatura específica sobre la posible acción que estos oligoelementos pudieran tener en el desarrollo vegetativo, rendimiento en biomasa útil y en aceite esencial del orégano, nos ha movido a realizar el estudio experimental que constituye la tercera parte de esta Tesis.



3. MATERIALES Y METODOS

3.1 SEMILLAS

3.1.1 Procedencia del material utilizado:

Las semillas de ambas subespecies ensayadas en este trabajo proceden de plantas seleccionadas, por su morfología y rendimiento en biomasa útil y en aceite esencial, de las localidades de San Juan de las Abadesas (Gerona), para el caso de la ssp. *vulgare*, y Candeleda (Avila) para la ssp. *virens*.

Estas semillas fueron sembradas, en marzo de 1983, en invernaderos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (I.N.I.A.) en Madrid. Las plantas procedentes de esta siembra se trasplantaron, a raíz desnuda, en marzo de 1984, a parcelas de ensayo en la provincia de Cuenca. De estas plantas se recogieron anualmente, en el mes de septiembre y en plena madurez, las semillas que han sido el material de partida para este trabajo.

En los estudios aquí realizados sólo se contemplan las semillas recogidas en los años 1987, 1988 y 1989, que pertenecen al 4º, 5º y 6º año de cultivo de la plantación.

Los ensayos para la determinación del peso y el estudio de la germinación de

Semillas

las semillas de ambas subespecies se realizaron en 1991, tras permanecer éstas almacenadas durante 4, 3 y 2 años respectivamente, en envases de cristal herméticamente cerrados, e introducidos en cámara frigorífica a 5° C.

Las semillas empleadas en este trabajo, antes de ser ensayadas, se sometieron a inspección visual donde se comprobó que las características externas, tales como tamaño, color y forma, eran las adecuadas.

3.1.2 Determinación del peso medio:

Para la realización de esta determinación se partió de una muestra de semillas, libre de impurezas, pertenecientes a cada una de las dos subespecies objeto de estudio.

Para determinar el peso medio de cada subespecie se tomaron al azar un total de 67 lotes, de cien semillas cada uno, recogidas en tres años consecutivos. El número de lotes analizados para cada año queda reflejado en la Tabla 3.1.2.a.

| | 1987 | 1988 | 1989 | Lt |
|---------------------|------|------|------|----|
| <i>ssp. vulgare</i> | 27 | 20 | 20 | 67 |
| <i>ssp. virens</i> | 20 | 27 | 20 | 67 |

Tabla 3.1.2.a: Número de lotes, de 100 semillas cada uno, analizado para la *ssp. vulgare* y *virens*, correspondientes a tres años consecutivos. Lt= lotes totales.

Cada lote se pesó en balanza electrónica SARTORIUS Mod. 2001 MP2, con una precisión de 0,1 mg. Se halló la media para determinar el peso de cien semillas y, multiplicando este valor por diez, se obtuvo el peso de mil semillas para cada una de las dos subespecies.

3.1.3 Estudio de la germinación:

Para la realización de estos ensayos se siguió el método que recomiendan las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas (INSPV, 1976) y la Asociación Internacional para Ensayos de Semillas (ISTA, 1993), para la especie *Origanum vulgare* L..

Para ensayar la capacidad germinativa de las semillas se utilizaron germinadoras tipo Jacobsen Mod. DBGM 1671453 de cristal transparente, marca VITRI, constituidas por tres piezas ajustables entre sí; la primera, un recipiente de 70 mm de diámetro y 250 ml de capacidad, sobre cuyos bordes descansa la segunda pieza, que es una varilla girada en espiral de la cual se cuelgan tiras de papel de filtro que hacen las veces de mecha. Encima de la espiral se coloca el substrato para la germinación, que en nuestro caso fue papel de filtro Albet de 70 mm de diámetro y, sobre éste, se distribuyeron las semillas a ensayar. Por último, la tercera pieza está constituida por una campana, de 75 mm de diámetro y con una pequeña abertura superior, que se encaja sobre la espiral.

Para cada ensayo se siguió el método TP (Top of Paper)¹ (INSPV, 1976; ISTA, 1993). El substrato se humedeció mediante mecha de papel del mismo filtro, sumergida en agua destilada. En cada germinadora Jacobsen se colocaron 100 semillas de tal forma que su disposición facilitara su posterior conteo y retirada de las mismas. Durante 30 días, a intervalos de 24 horas, se llevó a cabo un conteo de semillas germinadas.

La germinación comienza cuando se activa la maquinaria bioquímica conservada y se desencadenan los procesos metabólicos. La terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética (Besnier, 1989). Por ello, a efectos

¹ (Nota de traducción) Top of Paper = sobre papel

prácticos, fijamos como criterio de germinación la aparición visible de la radícula.

Se estudió la influencia que tenían, en la germinación, factores como el peso de las semillas, la temperatura a la cual se ensayaba la germinación, el efecto de la introducción de las germinadoras Jacobsen en baños a temperatura regulada, la presencia/ausencia de luz durante el ensayo de germinación, el efecto del año de recolección y almacenamiento de las semillas.

Paralelamente, también se estudió la germinación de las semillas de ambas subespecies bajo tres de sus componentes, obtenidos a partir de las curvas de germinación acumulativas y que son, la potencia germinativa o porcentaje de semillas germinadas, el tiempo medio de germinación o número de días a partir de la siembra en que empieza la germinación y el tiempo máximo de germinación o número de días a partir de la siembra hasta que se detiene la germinación.

En la Tabla 3.1.3.a se exponen el número de lotes, constituidos por cien semillas cada uno, empleados en el estudio de la potencia germinativa de ambas subespecies.

| | | <i>ssp. vulgare</i> | | | <i>ssp. virens</i> | | |
|-------|-----------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | | 1987 | 1988 | 1989 | 1987 | 1988 | 1989 |
| 18° C | luz | 2 | - | - | - | 2 | - |
| | oscuridad | 1 | - | - | - | 1 | - |
| 20° C | oscuridad | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 25° C | luz | 2 ⁺ | - | - | - | 2 | - |
| | oscuridad | 7 | 4 | 4 | 4 | 7 | 4 |
| 30° C | oscuridad | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Tabla 3.1.3.a: Número de lotes ensayados para estudiar la potencia germinativa de semillas, correspondientes a tres años consecutivos, de las *ssp. vulgare* y *virens*. ⁺: Lotes ensayados, al mismo tiempo, en presencia de luz y con fondo caliente (Fc).

Como vemos en dicha Tabla se emplearon semillas pertenecientes a tres años consecutivos de la misma plantación, que se ensayaron a cuatro temperaturas diferentes de germinación, bajo condiciones de luz con un fotoperíodo de 8h luz/16h oscuridad, en oscuridad y sumergiendo a las germinadoras Jacobsen en baños regulados a 25° C en lo que denominamos fondo caliente (Fc).

Previo al inicio de los ensayos de germinación, todos los lotes fueron pesados según ya se describió en el apartado 3.1.2 de este mismo Capítulo.

3.2 ESQUEJES

3.2.1 Procedencia del material utilizado:

Procedente de la selección clonal de plantas de *O. vulgare* L. que el I.N.I.A. posee en una parcela de la Casa de Campo de Madrid, se eligió una única planta madre para la ssp. *vulgare* y otra para la ssp. *virens*, para así asegurarnos que todos los esquejes, para una misma subespecie, tuviesen el mismo genotipo.

Ambas plantas madres, que en el momento de proceder a la recolección de las estaquillas se encontraban en correcto estado fitosanitario y fisiológico, llevaban puestas en cultivo tres años. De cada una de ellas se obtuvieron un número determinado de estaquillas de tallo con fines de propagación.

Para el enraizamiento de estas estaquillas se emplearon tres tipos de hormonas de enraizamiento comerciales, a distintas concentraciones que fueron contrastadas con ensayos de estacas testigo, libres de hormonas exógenas.

3.2.2 Morfología:

Los ensayos se realizaron en dos fechas diferentes, uno a principios de primavera (mayo) y el otro a finales de la misma (junio). Para cada ocasión y, a partir de cada planta madre, se cortaron 80 estacas de tallo para cada una de las dos subespecies ensayadas. Hasta obtener la morfología de esqueje adecuada para llevar a cabo los ensayos de enraizamiento, todas las estacas fueron manipuladas de la misma manera.

Los esquejes eran estacas de tallos de 12 cm de longitud, que se obtuvieron tras realizar un corte biselado a partir del ápice de las varetas, desechándose el resto (Kuris et al., 1981). En la base del esqueje se dio un corte biselado para aumentar la superficie donde posiblemente se formen raíces (Kaufman et al., 1975).

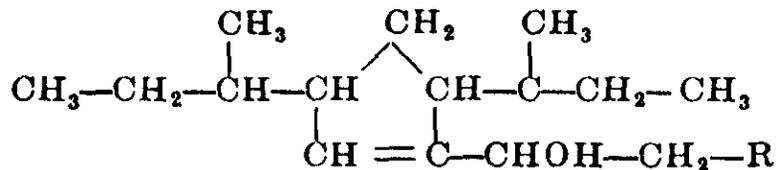
Los esquejes fueron desprovistos de hojas sólo en sus 6 cm basales, para prevenir una pérdida de agua excesiva por transpiración (Kuris et al., 1980), pues está comprobado que la pérdida total de hojas en el esqueje reduce considerablemente las posibilidades de enraizamiento (Weaver, 1980).

3.2.3 Fitohormonas de enraizamiento:

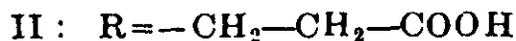
Se han empleado sustancias reguladoras del crecimiento exógenas y, concretamente las auxinas, que ejercen el control primario en la formación de las raíces, según ya señalaron Thimann y Went en 1937.

Auxina es un término genérico que se aplica al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para actuar sobre las células vegetales, determinando su alargamiento. Se asemejan al ácido 3-indolacético por los efectos fisiológicos que provocan en estas células.

En este ensayo empleamos distintas auxinas producidas sintéticamente y suministradas por la casa comercial ACF Chemiefarma NV de Holanda. Todas ellas son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de esos ácidos que responden a la fórmula general:



se conocen dos auxinas a y b, de fórmulas I y II respectivamente:



Los reguladores de crecimiento elegidos han sido las auxinas AIB, ANA y AIA, cuyas fórmulas estructurales y nombres aparecen en la figura 3.2.3.a.

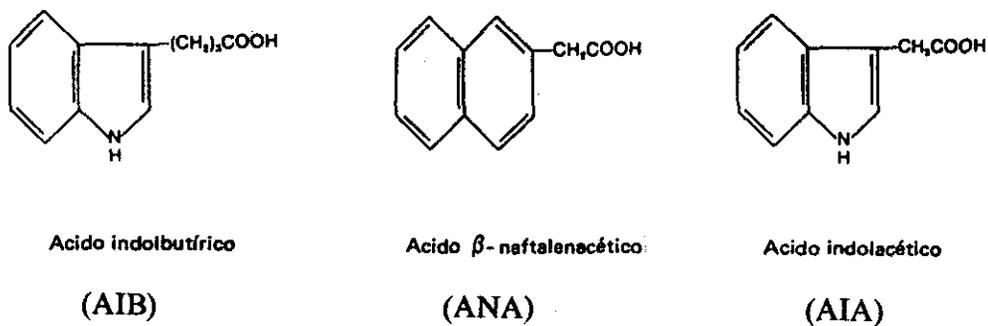


Fig. 3.2.3.a: Fórmula estructural, nombre y abreviatura de las auxinas empleadas en los ensayos de enraizamiento de estacas de la ssp. *vulgare* y *virens*.

En la Tabla 3.2.3.a queda reflejado el nombre comercial de la hormona de enraizamiento empleada, la sustancia activa y, el equivalente del contenido en sustancia activa expresado en partes por millón (ppm).

| Nombre comercial | s.a. | Contenido (%) s.a. | ppm |
|------------------|------|--------------------|--------|
| CHRYZOPON | AIB | 0,1 | 1.000 |
| CHRYZOSAN | AIB | 0,6 | 6.000 |
| CHRYZOPLUS | AIB | 0,8 | 8.000 |
| RHYZOPON AA | AIB | 1 | 10.000 |
| RHYZOPON B | ANA | 0,1 | 1.000 |
| RHYZOPON B | ANA | 0,2 | 2.000 |
| RHYZOPON A | AIA | 1 | 10.000 |

Tabla 3.2.3.a: Datos de nomenclatura y contenido en sustancia activa (s.a.) de las hormonas utilizadas en los ensayos de enraizamiento de estacas de las ssp. *vulgare* y *virens*.

3.2.3.1 Auxina AIB:

Esta auxina corresponde al ácido indolbutírico o ácido indol-3-butírico. Tiene una actividad auxínica débil y los sistemas enzimáticos destructores de auxinas la destruyen de forma relativamente lenta.

Debido a que el AIB se desplaza muy poco y se retiene cerca del sitio de aplicación, resulta muy eficaz como estimulante de las raíces al tiempo que no causa efectos indeseables de crecimiento en la planta crecida, como ocurre con aquellos estimuladores del enraizamiento que se desplazan con facilidad.

En estos ensayos se ha empleado cuatro compuestos comerciales que contienen la misma sustancia activa, el ácido 3-indolbutírico, pero con diferente porcentaje de la misma.

3.2.3.2 Auxina ANA:

Esta auxina es el ácido naftalenacético o ácido 1-naftalenacético. Esta auxina

se utiliza con frecuencia en los ensayos de enraizamiento, sin embargo, es más tóxica que el IBA y deben evitarse concentraciones excesivas por el peligro de provocar daños a las plantas (Weaver, 1980).

En estos ensayos se ha empleado la hormona de enraizamiento cuyo nombre comercial es Rhyzopon B, pero en distinto porcentaje, en un caso al 0,1% y en el otro al 0,2%.

3.2.3.3 Auxina AIA:

Esta auxina es el ácido β -indolacético o ácido 3-indolacético. El AIA estimula la iniciación de las raíces induciendo mitosis en los tejidos cercanos al periciclo, provocando la formación de raicillas laterales. Siendo este efecto el que se utiliza en la práctica para favorecer el enraizamiento de estacas (Gómez Campos, 1979).

3.2.4 Condiciones de enraizamiento:

Los esquejes de ambas subespecies fueron manipulados de igual forma. Los esquejes fueron ensayados con las tres hormonas a las concentraciones correspondientes, según se ha descrito en el apartado anterior; en total siete ensayos más un testigo para cada subespecie. En cada ensayo se emplearon 10 estaquillas.

Para aplicar los distintos reguladores de crecimiento se siguió el método de espolvoreado (Weaver, 1980). Este método consiste en rebozar los 6 cm del extremo terminal basal de los esquejes, previamente humedecidos, con las distintas hormonas de enraizamiento empleadas. Se retira de las estacas todo exceso de polvo a fin de impedir los efectos tóxicos posibles. A continuación, las estacas se plantaron inmediatamente en tiestos de plástico, introduciendo una porción del esqueje y teniendo cuidado de no eliminar, por frotación, la capa delgada del polvo adherido. La porción

Esquejes

del esqueje introducida medía, aproximadamente, 4 cm, lo que representaba un tercio de la longitud total del esqueje.

El sustrato de enraizamiento consistió en una mezcla de turba finlandesa comercial, marca FINNPEAT ST-400, constituida por musgo perteneciente al género *Sphagnum fuscum*, de grano medio, libre de semillas de malas hierbas y patógenos, con un nivel de fertilización bajo, y arena de río lavada, en la proporción 1/1.

Los tiestos de plástico fueron mantenidos en condiciones de invernadero, con una temperatura media del sustrato de 10-15 °C. Los esquejes fueron nebulizados con una frecuencia tal que permitieron una humedad ambiental alta, para evitar la desecación de los mismos.

En la casi totalidad de la bibliografía consultada, los autores emplean recipientes de plástico y condiciones de invernadero para enraizar estaquillas de *O. vulgare* L. Sin embargo, Lalourcane (1994) describe ensayos realizados en estaquillados al aire libre, con distancias de 0,25-0,30 m entre líneas y 0,12-0,15 m entre estacas en la línea; si bien, este mismo autor hace mención a que ésta es una práctica poco común.

Tras un período de treinta días, se levantaron todos los esquejes del medio de propagación, se aclararon cuidadosamente en agua corriente y se contabilizó el número de raicillas por esqueje, tratamiento hormonal y subespecie ensayada. Los primordios radicales con medidas superiores a 1 mm fueron contabilizados como raíces (Kuris et al., 1981).

3.3 PLANTAS

3.3.1 Procedencia del material utilizado:

En 1983 se seleccionaron plantas silvestres pertenecientes a dos subespecies de *Origanum vulgare* L. en distintas localidades de la Península Ibérica, atendiendo a sus buenas características morfológicas, ecológicas y químicas. Una de las dos era la subespecie *vulgare*, que fue recolectada en la localidad de San Juan de las Abadesas (Gerona); mientras que la otra, subespecie *virens*, fue recolectada en el valle del río Tiétar (Avila).

Mediante la división de las plantas seleccionadas, se obtuvieron ejemplares que fueron puestos en cultivo, en 1984, en parcelas que el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias posee en la Casa de Campo de Madrid. Entre todas las familias clonales cultivadas se eligieron, en los años 1990 y 1991, un número determinado de clones, de las dos subespecies ya mencionadas, como material vegetal de partida para la elaboración de esta Tesis.

Denominamos clon al conjunto de todos los descendientes derivados por vía vegetativa, en este caso mediante división de pies, de un único individuo inicial o

planta madre clonal (Strasburger et al., 1974). De esta forma nos asegurábamos que todos los individuos que integraban un clon eran iguales en sus caracteres hereditarios y, a menos que aparezcan mutaciones, las diferencias observables entre individuos de un mismo clon se deben a diferencias en el medio ambiente.

3.3.2 Obtención de clones:

La elección de las familias clonales, cultivadas en la Casa de Campo, se basó en aquellas que presentaban una mejor expresión fenológica, mayor vigor y mejor porte en plena floración; entre éstas se eligieron 15 familias clonales para cada subespecie, cinco para cada ubicación, en el otoño de 1990 y 1991.

El número de ejemplares precisos de cada familia clonal para nuestro estudio, eran 100 de cada subespecie en invernadero, 60 de cada subespecie bajo umbráculo y 40 de cada subespecie al aire libre. Para su obtención, coincidiendo con la parada invernal, en el otoño de 1990 y 1991, se procedió a la división de pies de cada una de las 15 familias clonales (Putievsky & Ravid, 1982; Valdés, 1988; Ruano, 1990).

3.3.3 Técnicas culturales:

Todos los clones obtenidos se ensayaron bajo tres tipos de prácticas culturales: en invernadero, bajo umbráculo y al aire libre. Las dos primeras se llevaron a cabo en las instalaciones del INIA en Madrid, y la última se realizó en la parcela de la Casa de Campo. Ambas parcelas, ribereñas del río Manzanares, se encuentran muy próximas entre sí (distan 7 km), sin diferencias significativas, por lo que las condiciones climáticas son sensiblemente iguales. En el mapa representado en la Figura 3.3.3.a presentamos su emplazamiento.

La elección de estas tres ubicaciones se realizó en base a criterios térmicos y

En esta mezcla, se empleó una turba finlandesa comercial, marca FINNPEAT ST-400, constituida por un musgo perteneciente al género *Sphagnum fuscum*, de grano medio, libre de semillas de malas hierbas y patógenos, y con un nivel de fertilización bajo cuya composición se presenta en la Tabla 3.3.3.a. A esta mezcla de turba y arena se añadió un fertilizante comercial de liberación lenta, marca NUTRICOTE TIPO 100, libre de microelementos; este abono granulado, complejo ternario (NPK), cuyo título 16-10-16 corresponde a una composición de un 16% de nitrógeno total (9% nítrico y 7% amoniacal), un 10% de anhídrido fosfórico (P_2O_5) soluble en agua y citrato amónico, y un 10% de óxido de potasio (K_2O) soluble en agua. Este fertilizante se adicionó a la mezcla en la proporción de 3 kg/m³ de mezcla.

| N | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-org | P | P _{total} | K | Ca | S | Fe | B | Cu | Mn | Zn | Mo |
|------|-------------------|-------------------|-------|-----|--------------------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|
| 15,0 | - | - | 15,0 | 5,3 | 5,0 | 11,0 | 4,0 | 5,0 | 0,65 | 0,06 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,07 |

Tabla 3.3.3.a: Contenido nutritivo de la turba fertilizada Finnpeat, en mg/l.

En los años sucesivos de cultivo, al comienzo del ciclo vegetativo, se realizó un abonado mezclado con turba esterilizada, en las mismas proporciones antes indicadas.

Al sustrato, compuesto por la turba esterilizada, la arena fina de río lavada y el abono complejo ternario NPK, se añadió los micronutrientes zinc y cobre, en fertilización individual y simultánea, en las dosis que más adelante se especifican. Se empleó el zinc en forma de sulfato de zinc heptahidratado, 99,999%, ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), y el cobre en forma de sulfato de cobre (II) pentahidratado, 99,999%, ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), ambos suministrados por la Firma Aldrich Chemie.

Las dosis de fertilización empleadas fueron de 0,7 g/m² de cada oligoelemento. Estas dosis se tomaron basándonos en el rango de concentraciones de estos dos

concentraciones de estos dos elementos citados en la bibliografía (Loué, 1988). Queríamos elegir unas dosis tales que nos asegurásemos que la planta no iba a manifestar síntomas de carencia, y que tampoco fueran próximos a la dosis letal (D.L.), y por tanto, tóxicas para la planta. Estas dosis fueron aplicadas al suelo cada año al inicio de la primavera (Malstrom, 1984; Gupta, 1989).

El valor de pH en el substrato en que se cultivó ambas subespecies, variaba entre 5 y 6, pues existen referencias bibliográficas que nos indican que en este intervalo se produce la mayor absorción de cobre y zinc por parte de las raíces (Linehan, 1984).

Durante el período vegetativo se realizaron escardas mensuales, así como tratamientos fitosanitarios para combatir la aparición de mosca blanca, y como insecticida de amplio espectro se utilizó ACTELLIC 50-E en la dosis de 41,6 dl/mesa.

En estas condiciones las plantas iniciaron la primera floración en el mes de mayo, alcanzando la fase de plena floración a finales del mes de julio; mientras que la segunda floración se inició en el mes de septiembre, alcanzando su plenitud a finales de septiembre o principios de octubre. Las fases de plena floración nos sirvieron como señal fenológica para realizar la siega (Skrubis, 1979).

Cada año se procedió a realizar dos cortes a todas las plantas (Rosengarten, 1969). Estas siegas se llevaron a cabo con tijeras de poda, realizándose ésta a 8 cm por encima del substrato para evitar las partes desfoliadas (Madueño, 1973; Gaviña, 1974; López Finlay, 1982).

Durante todos los años de cultivo, cuando las plantas estaban en plena floración, y como paso previo a la siega de las mismas, se cuantificaron varios parámetros morfológicos que se emplearon para medir los efectos que sobre el crecimiento de las

dos subespecies, ejercían factores como el tipo de fertilizante aplicado, la época de siega y el número de siegas que anualmente se efectuó.

Tras realizar la última siega en octubre del año 1993, se procedió al levantamiento de las raíces para su posterior estudio y procesamiento. Este levantamiento se realizó en el mes de diciembre, coincidiendo con el descanso vegetativo.

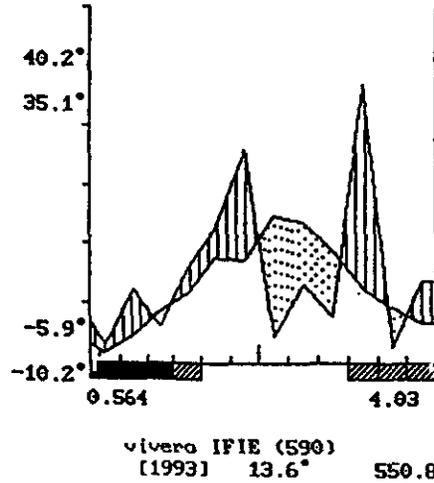
Las raíces fueron lavadas escrupulosamente con agua hasta eliminar todos los restos del substrato en el que fueron cultivadas. Después, fueron aclaradas con agua destilada dos veces (González et al., 1989). Se midió la longitud total de la raíz de cada planta, tratamiento de fertilización y subespecie estudiada. Posteriormente se secaron y se determinó su biomasa seca, para más tarde ser procesadas, valorándose, en sus cenizas el contenido de los oligoelementos cobre y zinc.

A partir de todos los datos obtenidos durante los años de cultivo, se elaboró unas hojas de cálculo para su posterior análisis y estudio estadístico. Con todos los datos obtenidos se confeccionó un fichero para cada año de cultivo, en donde quedó reflejada detallada información de la morfología, biomasa, rendimiento en aceite esencial y contenido en los micronutrientes cobre y zinc de las dos subespecies objeto de estudio en esta Tesis.

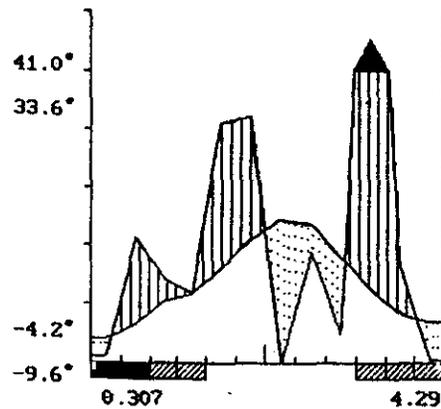
Los datos de temperatura y precipitación correspondientes a los dos años durante los cuales se han realizado los cultivos de ambas subespecies en las instalaciones del INIA y en la parcela de la Casa de Campo, se muestran en los climodiagramas de la Figura 3.3.3.b que proceden de las observaciones recogidas en la estación termo-pluviométrica del vivero IFIE, distante 50 m y 7 km, respectivamente, de cada parcela.

De acuerdo con la clasificación fitoclimática de Allué (1990), los datos del primer año de cultivo (1992) corresponderían al subtipo climático mediterráneo subestepario IV(VII), y los del segundo año (1993) al subclima mediterráneo subnemoral IV(VI)₁.

K = 0.564
 A = 4.03
 P = 371.3
 PE = 9.2
 HS = 3
 TMF = 1.7
 T = 13.2
 TMC = 24.9
 TMMF = -5.9
 F = -10.2
 OSC = 16.9
 TMMC = 35.1
 C = 40.2
 HP = 4
 IV(VII)
 MEDITERRANEO
 SUBESTEPARIO



K = 0.307
 A = 4.29
 P = 550.8
 PE = 0.2
 HS = 2
 TMF = 4.0
 T = 13.6
 TMC = 24.4
 TMMF = -4.2
 F = -9.6
 OSC = 14.6
 TMMC = 33.6
 C = 41.0
 HP = 5
 IV(VI)₁
 MEDITERRANEO
 SUBNEMORAL



K= relación entre período seco y húmedo

P= precipitación total

MS= meses de helada segura

T= temperatura media (anual)

F= temperatura mínima absoluta (del período)

OSC= media anual de la oscilación térmica diaria

TMMF= temperatura media de las mínimas (del mes de media más baja)

TMMC= temperatura media de las máximas (del mes de media más alta)

A= número de meses con aridez

PE= precipitación mensual estival mínima

TMF= temperatura media mensual más baja

TMC= temperatura media mensual más alta

C= temperatura máxima absoluta (del período)

HP= meses de helada probable

Fig. 3.3.3.b: Fitoclimatología de las zonas de ensayo durante los años 1992 y 1993.

3.3.3.1 En invernadero:

Para el seguimiento vegetativo de las dos subespecies a estudiar, se contó con un invernadero existente en el Departamento de Industrias Forestales del INIA de Madrid, de dimensiones 12x12x5,5 m, con ventanas laterales y cenitales de 12x1 m, todo él en placa translúcida minionda, equipado con riego automático por aspersión y calefacción con aire caliente. Todas las ventanas están dotadas con unos bastidores que soportan unas mallas antipulgón de densidad suficiente para impedir el paso de insectos al invernadero.

En el interior se acondicionaron cuatro mesas de cultivo fabricadas en acero galvanizado, con fondo de chapa de uralita, de 1 cm de grosor, perforada para facilitar el drenaje, con medidas 2x5x0,25 m.

Este invernadero está dotado de riego por aspersión nebulizada, controlada y automatizada, con la intensidad y frecuencia de riegos precisa para mantener la humedad necesaria en el sustrato de la mesa de cultivo. Este control se realiza mediante un programador electrónico marca GARDENA Mod. Computer 1060, al que se le introducen todos los datos del riego: hora de inicio, duración, dosis, secuencia de riego, etc., el cual comanda los distintos dispositivos: electroválvulas, etc., El elemento regulador del clima en el interior del invernadero fue aire calentado por medio de dos aerotermos de 7,5 y 15 kw respectivamente, con tolveras de salida regulables en orientación y caudal, que proporcionaron en el interior del invernadero una temperatura media anual que puede estimarse en unos 18^o C, y la humedad relativa se mantuvo entre los límites 60-75%.

Antes de iniciar la plantación, se realizó un abonado de fondo, para lo cual se vaciaron las mesas y se rellenaron con un sustrato formado por la mezcla de turba, arena y abono NKP mediante NUTRICOTE con título 16-10-16.

Sabiendo que la capacidad de absorción de los fertilizantes depende de la forma de aplicación (Campos, 1981), la distribución del abonado se realizó en superficie, enterrando uniformemente el abono con una labor, pues este es el método más aconsejable para elevar el nivel de fertilidad en el suelo (Dominguez, 1973). En los años sucesivos de cultivo, en primavera, al empezar el período de actividad vegetativa, se realizó un abonado en cobertera distribuido a chorrillo, por ser cultivos en línea, mezclado con turba esterilizada, en las mismas proporciones antes indicadas.

Procedentes de los campos de cultivo de la Casa de Campo (Madrid), en 1990 se eligieron, por su vigor y mayor porte 5 familias clonales para cada subespecie. Cada una de ellas se dividió, como ya se ha explicado anteriormente, obteniéndose 20 ejemplares o clones; lo que totalizó 100 ejemplares para cada subespecie.

A principios de diciembre de 1990 se plantaron los ejemplares mesas de cultivo para su desarrollo y para el posterior estudio de la influencia de los micronutrientes cobre y zinc, en fertilización individual y simultánea, en la morfología, vigor y rendimiento de las plantas cultivadas.

Cada planta se colocó en las mesas de cultivo a un espaciamiento de 0,5x0,4 m, según se representa en la Figura 3.3.3.c, resultando una superficie útil de 0,2 m² para cada planta, y una densidad de siembra de 5 plantas por metro cuadrado, lo que está acorde con la densidad óptima de plantación citada para esta especie por otros autores (Muñoz, 1987).

Cada mesa se dividió, de forma figurada, por la mitad. En la primera mitad de cada una se plantaron los cinco ejemplares procedentes de cada uno de los cinco clones seleccionados para la ssp. *vulgare*; por lo tanto, en esta primera mitad de las mesas se plantaron veinticinco plantas en total y, en la mitad restante se plantaron cinco procedentes de cada uno de los 5 clones seleccionados para la ssp. *virens*, es decir 25

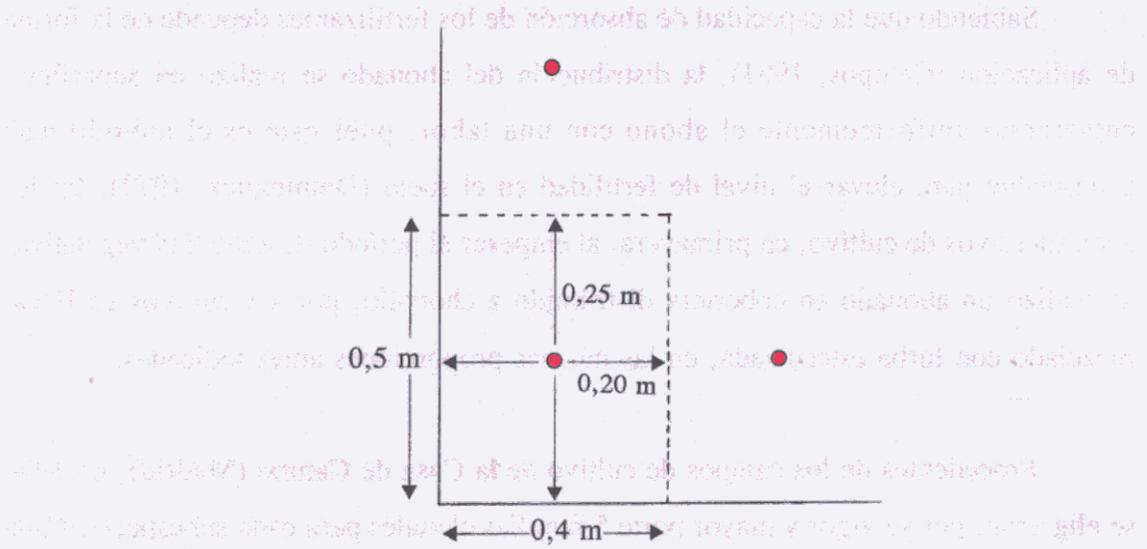


Fig. 3.3.3.c: Superficie de mesa útil disponible para cada planta.

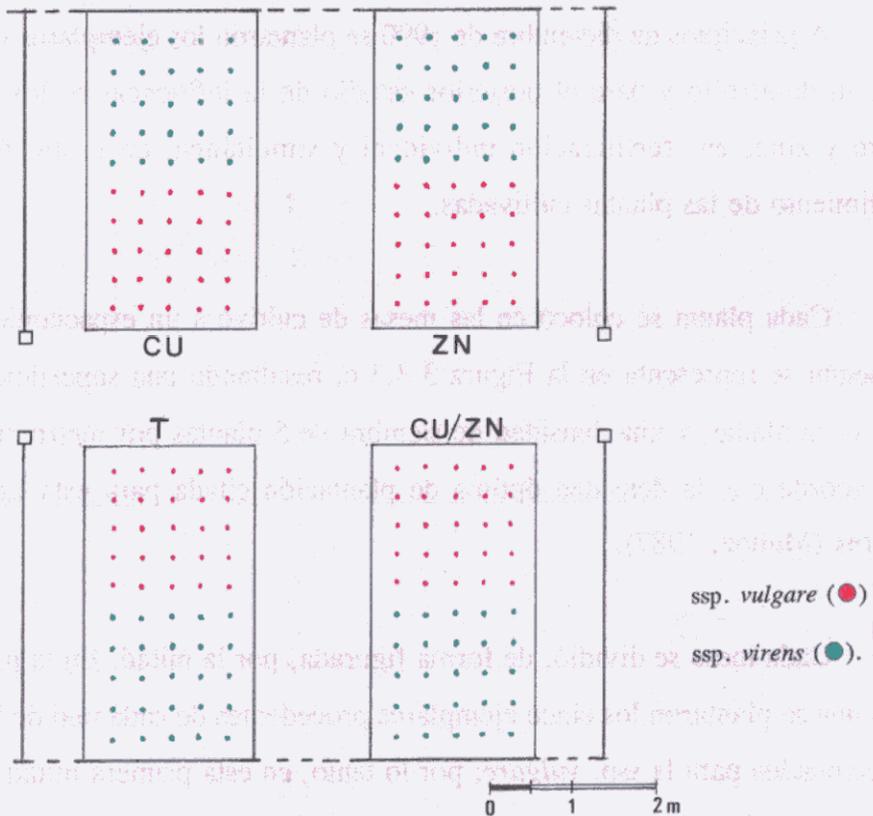


Fig. 3.3.3.d: Distribución de las mesas de cultivo, con ambas subespecies, en el interior del invernadero.

plantas de cada subespecie; lo que hace un total de 50 plantas/mesa. En el momento de la plantación se mantiene el mismo orden de plantación clonal en las cuatro mesas, para así facilitar la posterior recogida de muestras y comparación entre plantas pertenecientes al mismo clon, entre distintos clones, y entre diferentes tratamientos ensayados.

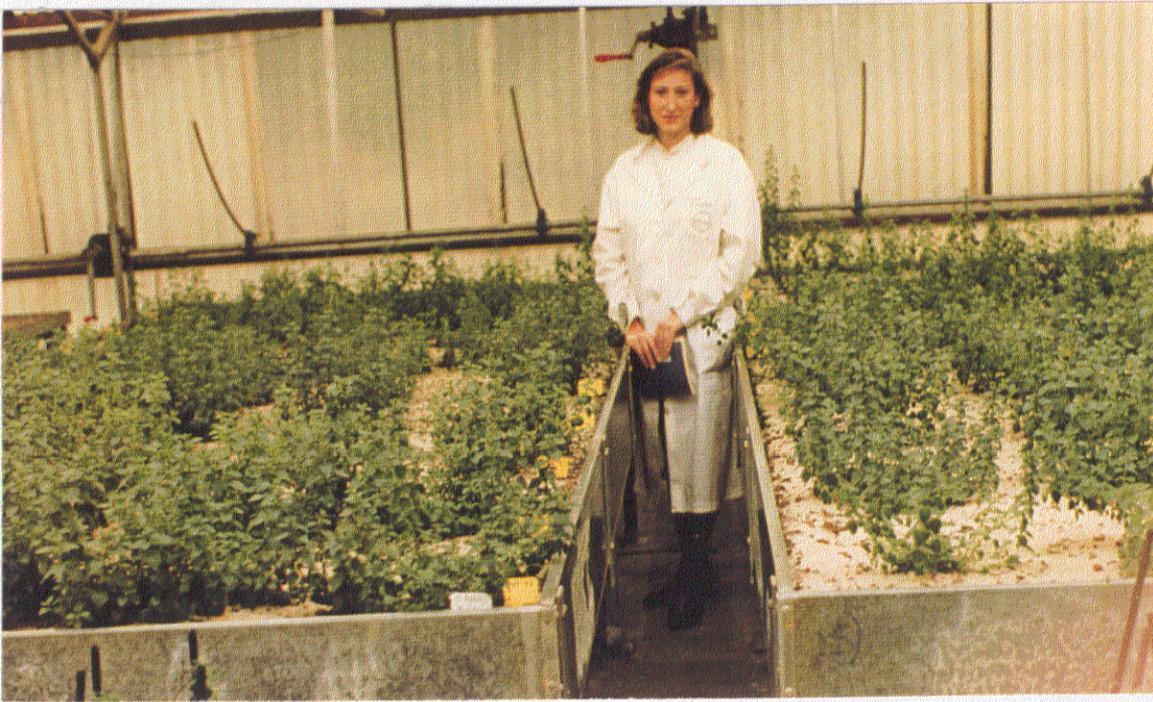
De las cuatro mesas acondicionadas, una se destinó para el tratamiento testigo, dos mesas se destinaron para ensayar fertilización individual con cobre y zinc, y la cuarta mesa se destinó para ensayar fertilización simultánea con cobre y zinc, según se representa en la Figura 3.3.3.d.

Las dosis aplicadas de estos oligoelementos fueron de 0,7 g/m² para el caso de los ensayos de fertilización individual, y 0,7 g/m² de cobre junto con 0,7 g/m² de zinc para el caso de la fertilización simultánea.

Tras llevar a cabo la plantación, las cuatro mesas de cultivo fueron cubiertas por una fina capa, de aproximadamente 1 cm de arena fina de río lavada, según se aprecia en las fotografías 1 y 2, con la finalidad de aumentar la superficie total reflejada y por otro, para prevenir la posible germinación de semillas de malas hierbas (Tucker et al., 1984). Esta práctica cultural se repitió en años sucesivos de cultivo durante el otoño e invierno, meses en los cuales las radiaciones solares son menos intensas.

Durante los tres años de cultivo, y cuando las plantas estaban en plena floración, se realizaron dos siegas anuales, una en el verano y otra en el otoño.

En el primer año de cultivo, 1991, antes de realizar la primera siega, se cuantificaron los siguientes parámetros morfológicos en todas las plantas de las cuatro



Fot. 1: Primer año de cultivo en invernadero; aspecto de dos mesas, con la ssp. *vulgare* en primer plano y la ssp. *virens* al fondo. Derecha: plantas Testigo. Izquierda: plantas fertilizadas con Cu+Zn. (Fotografía: F. Muñoz L. de Bustamante).



Fot. 2: Detalle del primer año de cultivo, en mesa de invernadero, de la ssp. *vulgare*. (Fotografía: F. Muñoz L. de Bustamante).

mesas:

- * Longitud máxima de varetas
- * Longitud media de varetas
- * Longitud mínima de varetas
- * Número de varetas por planta
- * Número de hojas por vareta
- * Número de nudos por vareta
- * Distancia máxima entre nudos
- * Distancia media entre nudos
- * Distancia mínima entre nudos

En los dos años de cultivo siguientes, 1992 y 1993, sólo se cuantificaron los cuatro primeros parámetros, ante la imposibilidad material de abarcarlos todos.

Durante los dos primeros años de cultivo, a finales del mes de diciembre, se procedió al levantamiento de las raíces procedentes de las marras anuales para valorar su contenido en cobre y zinc. En el tercer y último año de cultivo, también en el mes de diciembre, coincidiendo con el descanso vegetativo, se procedió al levantamiento de las raíces de todas las plantas que hasta el momento se cultivaban en cada una de las cuatro mesas. De esta manera quedaban constituidas las muestras de raíces del primer, segundo y tercer año de cultivo para su posterior procesamiento, toma de datos y valoración de los oligoelementos cobre y zinc en sus cenizas.

A partir de todos los datos obtenidos durante los tres años de cultivo se elaboró unas hojas de cálculo para su posterior análisis y utilización. Todos estos datos se agruparon en un fichero. Se confeccionaron tres ficheros correspondientes cada uno al 1º, 2º y 3º año de cultivo, en donde quedó reflejada detallada información de la morfología, rendimiento en aceite esencial y contenido en los micronutrientes cobre y zinc de las dos subespecies aquí estudiadas.

3.3.3.2 Bajo umbráculo:

Procedentes de las parcelas de cultivo, del INIA en la Casa de Campo de Madrid, en 1991 se eligieron cinco familias clonales para cada subespecie. En el mes de diciembre de ese mismo año, cada familia clonal fue multiplicada vegetativamente mediante división de piés, coincidiendo con la parada invernal (Valdés, 1988), obteniéndose de cada una doce ejemplares o clones. Cada ejemplar fue plantado en maceta de plástico negro opaco de 10 litros de capacidad.

Estas macetas fueron ubicadas bajo un umbráculo constituido por una plataforma de cemento por encima de la cual se levanta una estructura metálica a 3 m del suelo, apoyada sobre columnas cilíndricas de uralita separadas 3m entre sí y cubierto por un cañizo. A 1m de la superficie del suelo se instalaron dos aspersores opuestos con un giro de 180° regulados por un programador electrónico marca GARDENA Mod. Computer 1060, de idénticas características al ya mencionado en el apartado anterior.

Ocasionalmente se colocaron persianas laterales regulables según la incidencia de los rayos solares, para prevenir las radiaciones laterales.

El substrato de las macetas estaba compuesto por la mezcla de turba esterilizada, arena fina de río lavada y abono complejo ternario NPK, tal y como ya se ha descrito. Con esta mezcla se llenaron un total de 120 macetas, correspondiendo 60 macetas a cada subespecie ensayada, de las cuales cada clon está representado por 12 macetas, que se distribuyen en cuatro grupos de tres macetas cada uno. Cada grupo irá destinado a un tratamiento distinto: testigo, fertilización individual con cobre, fertilización individual con zinc y, fertilización simultánea con cobre y zinc, según se muestra en la Figura 3.3.3.e.

Las dosis de fertilización empleadas para cada oligoelemento fueron las mismas

que las ya descritas para el invernadero, salvo que fueron ajustadas al volumen de las macetas, resultando por tanto una dosis de 0,05g/maceta.

Las dosis de riego, así como las labores culturales se realizaron de la misma forma y en la misma época que las ya descritas anteriormente.

Las plantas emplazadas en esta ubicación fueron estudiadas durante dos años consecutivos, 1992 y 1993. En ambos años se realizaron dos siegas cuando la planta estaba en floración (Rosengarten, 1969), una en el verano y otra en el otoño. Todas las siegas se realizaron con tijera de poda, efectuando el corte a 8 cm del substrato (Fotografías 3 y 4).

Durante el primer año de cultivo (1992), la primera siega se realizó en el mes de julio cuando las plantas de ambas subespecies se encontraban en plena floración; y la segunda siega del año tuvo lugar en el mes de octubre para ambas subespecies. Durante el segundo año de cultivo (1993), la primera siega se realizó en el mes de julio, mientras que la segunda siega ocurrió a mediados de septiembre, para la ssp. *vulgare*, y a mediados de noviembre para la ssp. *virens*.

Durante los dos años de cultivo de estas plantas y, antes de realizar cada una de las dos siegas anuales, se cuantificaron los siguientes parámetros:

- * Número de varetas por planta
- * Longitud máxima de vareta
- * Longitud media de vareta
- * Longitud mínima de vareta

Tras la segunda siega del año 1993, en el mes de diciembre se procedió al

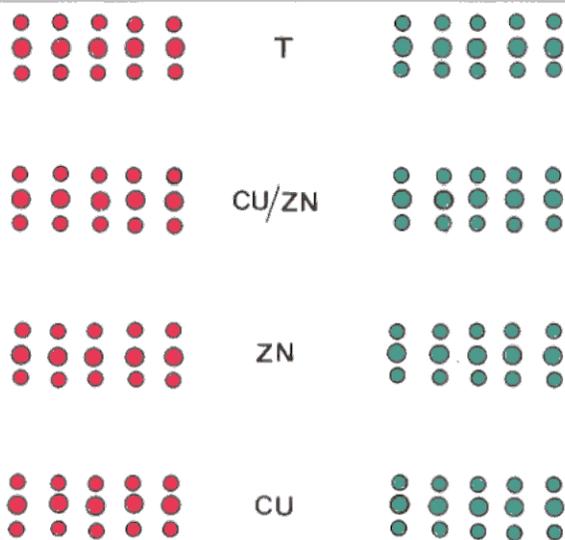


Fig. 3.3.3.e: Distribución de tiestos bajo umbráculo, *ssp. vulgare* (●) y *ssp. virens* (●).

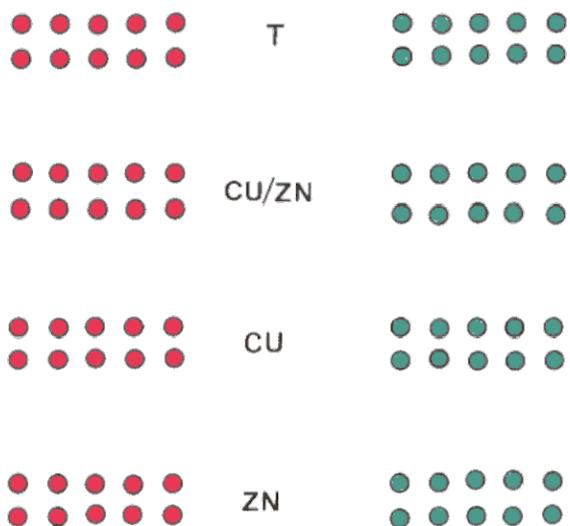
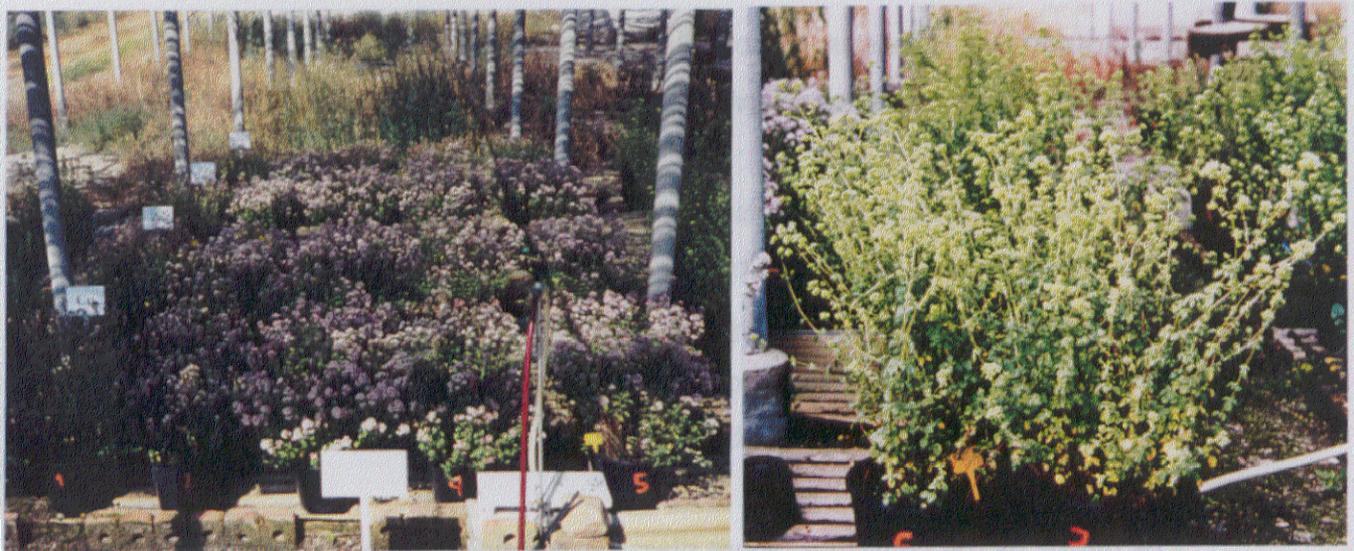


Fig. 3.3.3.f: Distribución de tiestos en la Casa de Campo (Madrid), *ssp. vulgare* (●) y *ssp. virens* (●).



Fot. 3: Primer año de cultivo (1992) de las ssp. *vulgare* (izquierda) y ssp. *virens* (derecha) bajo umbráculo. (Fotografía: P. Aldudo).



Fot. 4: Segundo año de cultivo (1993) de las ssp. *vulgare* (izquierda) y ssp. *virens* (derecha) bajo umbráculo. (Fotografía: P. Aldudo).

levantamiento de las raíces de las plantas cultivadas en tiestos para su posterior estudio, procesamiento, y valoración de los oligoelementos cobre y zinc en sus cenizas.

A partir de todos los datos obtenidos durante los dos años de cultivo se elaboró unas hojas de cálculo para su posterior análisis y utilización. Todos estos datos se agruparon en dos ficheros correspondientes cada uno al 1º y 2º año de cultivo, en donde quedó reflejada detallada información de la morfología, rendimiento en aceite esencial y contenido en los micronutrientes cobre y zinc de las dos subespecies aquí estudiadas.

3.3.3.3 Al aire libre:

Procedentes de las parcelas de la Casa de Campo (Madrid), en 1992 se eligieron cinco plantas madres para cada subespecie. Cada planta madre fue multiplicada vegetativamente mediante división de pies obteniéndose ocho clones de cada una. Cada clon fue plantado, en la primera quincena del mes de abril de 1992 en macetas de plástico negro opaco de 10 litros de capacidad.

El sustrato de las macetas, así como las dosis de fertilizantes empleadas fueron las mismas que las ya descritas en el apartado anterior.

Con la mezcla se llenaron un total de 80 macetas, de las que 40 correspondían a cada subespecie ensayada. Los ocho clones de cada planta madre se dividieron en cuatro grupos de dos macetas. Cada grupo de macetas fue destinado a un tratamiento diferente, uno como testigo, mientras que los otros tres grupos de macetas fueron fertilizados con 0,05g/maceta de cada oligoelemento.

Los tiestos fueron colocados, sobre placas translúcidas minionda, en la misma parcela que el INIA posee en la Casa de Campo, según se muestra en la Figura 3.3.3.f



Fot. 5: Panorámica del primer año de cultivo de la *ssp. vulgare* (izquierda) y *ssp. virens* (derecha) al aire libre. (Fotografía: P. Aldudo)



Fot. 6: Panorámica del segundo año de cultivo de la *ssp. vulgare* (izquierda) y *ssp. virens* (derecha) al aire libre. (Fotografía: P. Aldudo).

Plantas

El sistema de riego, las dosis de riego empleadas y las labores culturales realizadas fueron las mismas que las ya descritas en los apartados anteriores.

En los meses de julio y octubre de 1992 y 1993, estando las plantas en plena floración, fueron segadas con tijeras de poda a 8 cm del sustrato, y procesadas según ya se ha descrito anteriormente (Fotografías 5 y 6).

Durante los dos años de cultivo de estas plantas y, antes de realizar cada una de las dos siegas anuales, se cuantificaron los mismos parámetros morfológicos descritos en el apartado anterior.

Una vez que la segunda siega del año 1993 se completó, en el mes de diciembre se procedió al levantamiento de las raíces para su posterior estudio y procesamiento.

A partir de todos los datos obtenidos durante los dos años de cultivo se elaboró unas hojas de cálculo para su posterior análisis y utilización. Todos estos datos se agruparon en dos ficheros correspondientes cada uno al 1º y 2º año de cultivo, en donde quedó reflejada detallada información de la morfología, rendimiento en aceite esencial y contenido en los micronutrientes cobre y zinc de las dos subespecies aquí estudiadas.

3.3.4 Determinación de biomasa seca:

3.3.4.1 En la parte aérea:

La parte aérea del material vegetal está constituida por el tallo, flores y hojas. Este material vegetal, una vez segado fue troceado en fragmentos (Gaviña & Torner, 1966) de tamaño no superior a 4 cm de longitud, con la doble finalidad de facilitar, por

un lado, la siguiente etapa de proceso: el secado, y por otro, la introducción y posterior extracción del material en matraces de destilación para la determinación del rendimiento en aceite esencial.

El material vegetal aéreo recién segado se sometió al proceso de desecación con el objeto de privar a éste del agua de vegetación. Esta operación se realizó a la sombra, a temperatura ambiente, extendiendo las plantas troceadas sobre pliegos de papel de estraza y papel de filtro, formando finas capas y removiéndolas frecuentemente con el fin de salvar el "tiempo crítico" que transcurre desde su siega hasta que comienza la actuación de los enzimas celulares que producen los fenómenos de fermentación y enmohecimiento (Muñoz, 1983), al tiempo que se acelera también el secado. La duración del secado fluctuó entre 2-4 días (López Finlay, 1982).

Una vez que el material vegetal troceado se consideró bien oreado y seco, se pesó en balanza electrónica SARTORIUS, Mod. 1507 MP8, con una precisión de $\pm 0,01g$.

3.3.4.2 En las raíces:

Las raíces, una vez lavadas con agua corriente y aclaradas con agua recién destilada, se trocearon con tijeras de acero inoxidable y posteriormente se secaron, en una estufa SELECTA Mod. 372A con circulación forzada de aire, a 45° C durante, al menos, 48 horas (Schröder et al., 1992). Posteriormente se pesaron en balanza electrónica SARTORIUS Mod. 1507 MP8, con una precisión de $\pm 0,01g$, y a continuación se molieron con un micromolino CULATTI con una placa de rejilla de 3 mm de diámetro de poro, de acero inoxidable, el cual fue concienzudamente limpiado entre muestra y muestra.

El pulverizado obtenido se introdujo en estufa de desecación a 105° C ± 2 hasta

el momento de ser empleado como material de partida para la valoración de cobre y zinc.

3.3.5 Obtención del aceite esencial:

Para la obtención de los aceites esenciales se destiló la parte aérea de las plantas de ambas subespecies, correspondientes a cada ensayo de fertilización, siega y año de cultivo, para cada uno de los tres lugares donde se cultivaron ambas subespecies. En estas tres ubicaciones, las plantas se segaron cuando se encontraban en plena floración o, a veces, ligeramente pasada pues, a menudo se ha comprobado para muchas especies de plantas medicinales, incluido el orégano, que, para obtener un buen rendimiento en aceite esencial, las plantas han de segarse inmediatamente después de la floración (Clark & Menary, 1984a).

Se obtuvieron los aceites esenciales mediante cohobación durante dos horas (Taskinen, 1973; Clark, 1984), en un destilador de vidrio, tipo Clevenger, como el descrito por la Farmacopea Europea (1988).

Los resultados de rendimiento medio de esencia se expresan en (ml de aceite esencial referido a 100g de muestra seca).

El residuo del material vegetal después de su destilación, se aclaró sucesivas veces con agua desionizada y se introdujo en estufa a 105 °C durante 24 horas hasta su total desecación. Tras este proceso, el residuo destilado se molió en un micromolino como el descrito en el apartado anterior y el pulverizado que se obtuvo se guardó en estufa a 105 °C hasta el momento de ser utilizado como material de partida para la valoración de cobre y zinc.

3.3.6 Análisis químico de los aceites esenciales:

Los aceites esenciales obtenidos, deshidratados con sulfato sódico anhídrido, se conservaron en frascos topacio a 4-6 °C (Ravid & Putievsky, 1985), quedando protegidos de los efectos de la luz y el calor para ser, posteriormente, analizados por cromatografía de gas (CG).

El análisis cromatográfico se realizó con un cromatógrafo Sigma 3B de la Firma Perkin-Elmer equipado con detector de ionización de llama (FID) y columna capilar de sílice fundida de 50m x 0,22 mm con fase estacionaria de silicona S30, aplicando las siguientes condiciones de trabajo:

- temperatura de la columna: programada de 70 a 250 °C, a 3°/min
- temperatura bloque inyección: 250 °C
- temperatura detector: 280 °C
- gas portador: He, flujo 1ml/min
- se inyectó 0,1µl con división de caudal 1/100

La identificación de los componentes de los aceites esenciales se llevó a cabo por comparación de sus índices de retención cromatográfica y de sus espectros de masas con los de patrones y/o los bibliográficos. Los espectros de masas se obtuvieron con un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard mod. 5890 acoplado a un espectrómetro de masas Hewlett-Packard mod. 5971, empleando una columna capilar HP1 de sílice fundida de 12m x 0,22 mm con fase estacionaria de metil-silicona y aplicando las condiciones de trabajo indicadas anteriormente.

3.3.7 Determinación de humedad:

3.3.7.1 En la parte aérea del material vegetal:

En la parte aérea de todas las muestras del material vegetal recolectado en cada tratamiento de fertilización ensayado, siega efectuada y año de cultivo correspondiente

a las dos subespecies cultivadas en las tres ubicaciones descritas en el apartado 3.3.3 de este mismo Capítulo y, paralelamente a la determinación del rendimiento en esencia, se determinó la humedad siguiendo el método de arrastre azeotrópico o método de Den-Stark descrito por San Martín Casamada (1977) y en la United States Pharmacopeia (USP, 1980).

Se pesaron 10g de muestra en un matraz de 250 ml, se añaden 200 ml de xileno-tolueno (195:5) y se destila la mezcla durante 4 horas. El destilado está formado por una mezcla gaseosa azeotrópica de xileno-tolueno y agua que, al condensar, se separa en dos fases, orgánica y acuosa, que se recogen en un recipiente graduado situado entre el matraz y el refrigerante. La fase acuosa, más pesada, se sitúa debajo y su volumen puede medirse directamente con ayuda de la escala graduada en ml. El porcentaje de humedad se calcula a partir de esta lectura, multiplicada por 10.

3.3.7.2 En las raíces del material vegetal:

En este caso y, para determinar la humedad de todas las raíces analizadas en este trabajo, se siguió el método gravimétrico por el cual se valora la pérdida de peso por desecación en estufa descrito en la United States Pharmacopeia (USP, 1980).

Se pesan 1-2 g de raíz molida en una cápsula de desecación y se introducen en estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$. Se deseca hasta pesada constante, es decir, hasta que dos pesadas consecutivas practicadas a intervalos de tiempo de una hora, no difieran en más de 0,5 mg/g de sustancia analizada. El enfriamiento de la cápsula de desecación antes de la pesada, se hace introduciéndola en un desecador. Para esta determinación utilizamos una balanza electrónica SARTORIUS, Mod. 2001 MP2.

3.3.8 Valoración de cobre y zinc:

La valoración de cobre y zinc se realizó sobre tres tipos de muestra atendiendo

a su origen:

- a) muestra vegetal procedente de la parte aérea destilada.
- b) muestra vegetal procedente de la parte aérea sin destilar, la cual, una vez segada y determinada su biomasa seca y humedad, fue pulverizada en un micromolino de acero inoxidable, marca CULATTI con una placa de rejilla de 3 mm de diámetro de poro. El pulverizado fue introducido en estufa a 105 °C hasta ser empleado para la valoración de cobre y zinc.
- c) muestra vegetal procedente de las raíces.

Para esta determinación se partió de material pulverizado, desecado en estufa a 105 °C hasta peso constante, de las procedencias arriba indicadas y pertenecientes a ambas subespecies.

Tras pesar 1g, por triplicado y con una precisión de 0,1 mg, las muestras se introdujeron en crisoles de porcelana Staatlich C-1 de 3,5 cm de diámetro, y fueron calcinadas en un horno mufla marca Lab-Line Heatech, mod. 4810-1. Para evitar contaminaciones de cobre o zinc en las muestras sujetas a mineralización, tanto la mufla como los crisoles empleados fueron sometidos periódicamente (tras cada uso) a una temperatura superior a 800 °C (Lohse, 1982; Gárate et al., 1984).

Con objeto de evitar proyecciones, los crisoles con la muestra desecada se colocaron en la mufla, primero a temperatura ambiente, y posteriormente éste parámetro se fue incrementando lentamente hasta alcanzar los 400 °C al cabo de dos horas. (Gárate, 1984). En la bibliografía se citan numerosas combinaciones de tiempo y temperatura (Feinberg, 1980; Ichinoki, 1984; De Ruig, 1986), en nuestros ensayos la temperatura final fue de 400 °C, mantenida durante 48 horas (Soto-Ferreiro et al., 1991). Después, se dejó enfriar y se trataron las cenizas con 5 ml de ácido clorhídrico diluido (1/1v) (Basile, 1983). Por último, las muestras calcinadas se filtraron y se enrasaron a 25 ml con agua desionizada, quedando así constituido el extracto base de

análisis, a partir del cual se midió los elementos cobre y zinc por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

La valoración de cobre y zinc se realizó en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica de haz doble modelo 303 de PERKIN-ELMER, con llama de mezcla aire-acetileno, equipado con lámparas simples de cátodo hueco y mechero boling trilaminar. Las condiciones de trabajo empleadas se detallan en la Tabla 3.3.8.1.a.

| | Cu | Zn |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
| Longitud de onda (Å) | 324 | 213,2 |
| Intensidad de corriente (mA) | 14 | 10 |
| zona | U.V. | U.V. |
| Rendija (1 mm, 7 Å) | 4 | 4 |
| Combustible | Acetileno | Acetileno |
| presión del aire (psi) | 7,0 | 8,5 |
| presión del combustible (psi) | 7,5 | 9 |
| altura mechero | 1 | 1 |
| sensibilidad (ppm al 1% de absorción) | 0,16 | 0,04 |
| flujo (ml/sg) | 2-3 | 2-3 |
| amplitud de la escala | 1 y 3 | 1 y 3 |

Tabla 3.3.8.1.a: Condiciones de trabajo del espectrofotómetro para el análisis del cobre y del zinc.

Las patrones, de concentraciones crecientes empleadas, se prepararon a partir de soluciones patrones certificadas (1.000 ppm \pm 1%) para Absorción Atómica suministradas por la firma Fisher Scientific Company con cobre o zinc como soluto y ácido nítrico como solvente. Estas soluciones patrones se emplearon, tanto para verificar la exactitud analítica del método (Tong, 1991), incluyéndolas en cada serie de determinaciones, como para elaborar las curvas de calibración en las que, extrapolando, se obtuvieron los valores de concentración de zinc y cobre presentes en las muestras analizadas.

Ocasionalmente fue necesario diluir las muestras, con agua desionizada, debido a la alta concentración de los microelementos estudiados, y así poder permanecer dentro del tramo lineal de la curva de calibración (Feinberg & Ducanze, 1980). Cada muestra, a modo de comprobación de la exactitud analítica del método, fue valorada por triplicado, realizándose la media de los tres resultados obtenidos siempre y cuando éstos no difiriesen entre sí más de un 5%.

3.4 METODOS ESTADISTICOS

En este apartado pretendemos reunir los métodos estadísticos utilizados en el tratamiento de los datos disponibles y creemos útil agruparlos en cuatro bloques, que denominaremos: descripción de los datos, análisis de varianza para la comparación de agentes causales, ajuste de funciones a los datos experimentales y correlación entre variables dependientes.

En todos los casos se han utilizado técnicas sobradamente conocidas y, queremos hacer especial énfasis en que la estadística ha sido sólo una herramienta de la que creemos conocer la filosofía subyacente y la utilización práctica sin pretender el desarrollo de nuevas técnicas o modelos.

Entre los textos de consulta utilizados en este apartado figuran los de Sokal y Roff (1979) y Snedecor y Chocram (1984), así como se ha contado con la ayuda de los manuales de los paquetes estadísticos disponibles en el INIA.

Los datos disponibles, susceptibles de ser tratados estadísticamente, provienen de los experimentos donde se estudiaron las semillas y las plantas de las subespecies *vulgare* y *virens*.

Nuestra idea inicial era poder establecer comparaciones, para obtener diferencias y similitudes entre ambas subespecies, dentro de cada subespecie, y entre las tres ubicaciones distintas donde se llevó a cabo el cultivo.

3.4.1 Descripción de los datos:

En la presentación de los resultados hemos utilizado la media aritmética como parámetro de centralidad de las diversas variables estudiadas, indicando habitualmente el tamaño de la muestra sobre la que se ha obtenido dicha media.

Como indicadores de la dispersión de datos de la variabilidad se han utilizado los valores mínimo y máximo de la muestra, el coeficiente de variación ($CV = \text{desviación}/\text{media}$) que permite comparar con facilidad variables de distintas magnitudes, y el error típico de la media cuando se trata de medias obtenidas como subproducto de cálculo en los análisis de varianza o regresión.

Cuando por las características de los datos debe presentarse su evolución en el tiempo, habitualmente hemos optado, por representaciones gráficas con el tiempo en abscisas y también se han utilizado histogramas de frecuencias cuando podía ser útil en la descripción de los resultados, como ocurría especialmente en el apartado 4.1.2 y 4.1.3 donde se estudió, respectivamente, el peso y poder germinativo de las semillas. Algunas relaciones causa-efecto (analizadas por ajuste de mínimos cuadrados) se han presentado numérica y gráficamente.

3.4.2 Análisis de varianza:

El análisis de varianza es un procedimiento creado para descomponer la variabilidad de un conjunto de experimentos en componentes independientes que puedan asignarse a causas distintas. Este análisis sirve para explicar la variación entre

grupos y para determinar aquellas factores con mayor influencia en las características estudiadas.

Estos análisis han sido utilizados cuando hemos pretendido observar las diferencias que, en las variables estudiadas (tales como potencia germinativa, número y longitud de varetas, rendimiento en aceite esencial, contenido de cobre, etc.), producían los diversos agentes estudiados (subespecies, lugar de cultivo, años de cultivo, niveles de temperatura, etc.). Hemos recurrido a los dos tipos básicos de análisis de varianza que a continuación exponemos:

3.4.2.1 Análisis jerárquico simple:

Este análisis viene dado por la expresión:

$$y_{ij} = m + V_i + e_{j(i)}$$

donde:

- y_{ij} es la variable dependiente estudiada
- m es la media general de la variable dependiente en el experimento
- V_i es el efecto del nivel i -ésimo de la variable independiente
- $e_{j(i)}$ es el error experimental

* Las variables dependientes analizadas han sido:

- número de nudos por vareta (Tablas 4.3.4.b y 4.3.4.d)
- distancia entre nudos (Tablas 4.3.5.b y 4.3.5.d)
- longitud del sistema radical (Tablas 4.4.2.1.1.b, 4.4.2.1.d, 4.4.2.2.b y 4.4.2.2.d)
- peso de raíz desecada (Tablas 4.4.3.1.b, 4.4.3.1.d, 4.4.3.2.b y 4.4.3.2.d)
- contenido en cobre del sistema radical (Tablas 4.4.4.1.b, 4.4.4.1.d, 4.4.4.1.f, 4.4.4.2.b, 4.4.4.2.d y 4.4.4.2.f)
- contenido en zinc del sistema radical (Tablas 4.4.5.1.b, 4.4.5.1.d,

4.4.5.1.f, 4.4.5.2.b, 4.4.5.2.d, 4.4.5.2.f)

* La variable independiente analizada ha sido la fertilización con oligoelementos suministrada a las plantas, la cual presenta cuatro niveles correspondientes a los cuatro tipos de tratamientos ensayados: cobre, zinc, cobre y zinc simultáneamente, y por último el testigo.

3.4.2.2 Análisis factorial:

Hemos utilizado el modelo factorial de dos, en algún caso tres, factores con o sin interacción, cuando dos o más factores actúan simultáneamente sobre alguna de las variables dependientes estudiadas.

Este análisis viene dado por la expresión:

$$y_{ijkl} = m + V_i + W_j + X_k + I_{ij} + I_{jk} + I_{ik} + e_{1(ijk)}$$

donde:

- y_{ijk} es la variable dependiente estudiada
- m es la media general de la variable dependiente en el experimento
- V_i es el efecto del nivel i -ésimo de una variable independiente
- W_j es el efecto del nivel j -ésimo de otra variable independiente
- I_{ij} es la interacción entre variables independientes
- $e_{1(ijk)}$ es el error experimental

Las variables, dependientes e independientes, analizadas bajo este modelo han sido muy numerosas. Cuando citemos las variables independientes señalaremos el número de niveles que presenta cada una. En aquellos casos en que la variable independiente sea continua y, por tanto, no clasificable en niveles, señalaremos la covariable regresora añadida al modelo.

Por razones de sencillez de cálculo, la interacción triple se ha englobado en el

error experimental.

* Las variables dependientes analizadas son:

- Peso de las semillas (Tabla 4.1.2.c y 4.1.2.d)
- Potencia germinativa de las semillas (Tablas 4.1.3.1.c, 4.1.3.1.e, 4.1.3.1.j y 4.1.3.1.l)
- Tiempo medio de germinación (TMG) (Tablas 4.1.3.2.c y 4.1.3.2.f)
- Tiempo máximo de germinación (T_{max}) (Tablas 4.1.3.3.c y 4.1.3.3.f)
- Número de varetas por planta (Tablas 4.3.1.a, 4.3.1.b, 4.3.2.1.b, 4.3.2.1.d, 4.3.2.1.f, 4.3.2.2.b, 4.3.2.2.d y 4.3.2.2.f)
- Longitud media de vareta (Tablas 4.3.3.1.b, 4.3.3.1.d, 4.3.3.1.f, 4.3.3.2.b, 4.3.3.2.d y 4.3.3.2.f)
- Número de hojas por vareta (Tablas 4.3.6.b y 4.3.6.d)
- Peso seco aéreo (Tablas 4.3.7.1.b, 4.3.7.1.d, 4.3.7.1.f, 4.3.7.2.b, 4.3.7.2.d y 4.3.7.2.f)
- Rendimiento en aceite esencial (Tablas 4.3.8.1.b, 4.3.8.1.d, 4.3.8.1.f, 4.3.8.2.b, 4.3.8.2.d y 4.3.8.2.f)
- Contenido en cobre de la parte aérea (Tablas 4.3.9.a, 4.3.9.1.b, 4.3.9.1.d, 4.3.9.1.f, 4.3.9.2.b, 4.3.9.2.d y 4.3.9.2.f)
- Contenido en zinc de la parte aérea (Tablas 4.3.10.a, 4.3.10.1.b, 4.3.10.1.d, 4.3.10.1.f, 4.3.10.2.b, 4.3.10.2.d y 4.3.10.2.f)

* Las variables independientes analizadas son:

- edad de la planta productora de semillas, presenta tres niveles (Tabla 4.1.2.c)
- subespecie estudiada, presenta dos niveles (Tabla 4.1.2.c y 4.1.2.d)
- años que las semillas han permanecido almacenadas previo a los ensayos de germinación, presenta tres niveles (Tablas 4.1.3.1.c, 4.1.3.1.j, 4.1.3.2.c, 4.1.3.2.f, 4.1.3.3.c y 4.1.3.3.f)
- peso de las semillas (Tablas 4.1.3.1.c, 4.1.3.1.j, 4.1.3.2.c, 4.1.3.2.f, 4.1.3.3.c y 4.1.3.3.f)
- temperatura de los ensayos de germinación, presenta tres niveles (Tablas 4.1.3.1.c, 4.1.3.1.j, 4.1.3.2.c, 4.1.3.2.f, 4.1.3.3.c y 4.1.3.3.f)

4.1.3.3.f)

- presencia/ausencia de luz durante la germinación, presenta dos niveles (Tablas 4.1.3.1.c, 4.1.3.1.j)
- presencia/ausencia de fondo caliente durante la germinación, presenta dos niveles (Tabla 4.1.3.1.c)
- años consecutivos de cultivo, presenta tres niveles (Tablas 4.3.1.a y 4.3.1.b)
- fertilización con micronutrientes, presenta cuatro niveles (Tablas 4.3.1.a, 4.3.1.b, 4.3.2.1.b, 4.3.2.1.d, 4.3.2.1.f, 4.3.2.2.b, 4.3.2.2.d, 4.3.2.2.f, 4.3.3.b, 4.3.3.d, 4.3.4.b, 4.3.4.d, 4.3.5.b, 4.3.5.d, 4.3.6.1.b, 4.3.6.1.d, 4.3.6.1.f, 4.3.6.2.b, 4.3.6.2.d, 4.3.6.2.f, 4.3.9.a, 4.3.9.1.b, 4.3.9.1.d, 4.3.9.1.f, 4.3.9.2.b, 4.3.9.2.d, 4.3.9.2.f, 4.3.10.a, 4.3.10.1.b, 4.3.10.1.d, 4.3.10.1.f, 4.3.10.2.b, 4.3.10.2.d y 4.3.10.2.f)
- siegas realizadas al cultivo, presenta dos niveles (Tablas 4.3.1.a, 4.3.1.b, 4.3.2.1.b, 4.3.2.1.d, 4.3.2.1.f, 4.3.2.2.b, 4.3.2.2.d, 4.3.2.2.f, 4.3.3.b, 4.3.3.d, 4.3.6.1.b, 4.3.6.1.d, 4.3.6.1.f, 4.3.6.2.b, 4.3.6.2.d, 4.3.6.2.f, 4.3.9.a, 4.3.9.1.b, 4.3.9.1.d, 4.3.9.1.f, 4.3.9.2.b, 4.3.9.2.d, 4.3.9.2.f, 4.3.10.a, 4.3.10.1.b, 4.3.10.1.d, 4.3.10.1.f, 4.3.10.2.b, 4.3.10.2.d y 4.3.10.2.f)
- material vegetal destilado/sin destilar, presenta dos niveles (Tablas 4.3.9.a y 4.3.10.a)

* Variables independientes analizadas con covariable:

- temperatura de germinación, presenta cuatro niveles. Se ha utilizado como covariable regresora: peso de las semillas (Tablas 4.1.3.1.e y 4.1.3.1.f)
- fertilización con micronutrientes, presenta cuatro niveles. Se ha utilizado como covariable regresora: número de varetas (Tablas 4.3.7.1.b, 4.3.7.1.d, 4.3.7.1.f, 4.3.7.2.b, 4.3.7.2.d, 4.3.7.2.f, 4.3.8.1.b, 4.3.8.1.d, 4.3.8.1.f, 4.3.8.2.b, 4.3.8.2.d y 4.3.8.2.f)
- siegas realizadas al cultivo, presenta dos niveles. Se ha utilizado como covariable regresora: número de varetas (Tablas 4.3.7.1.b, 4.3.7.1.d, 4.3.7.1.f, 4.3.7.2.b, 4.3.7.2.d, 4.3.7.2.f, 4.3.8.1.b, 4.3.8.1.d, 4.3.8.1.f, 4.3.8.2.b, 4.3.8.2.d y 4.3.8.2.f)

3.4.3 Ajuste de funciones por análisis de regresión:

El ajuste de una función, que liga una o varias variables independiente/s con otra dependiente, se ha utilizado cuando se trataba de describir la evolución de alguna característica del material o de establecer una relación causa-efecto.

Los ajustes fueron efectuados por mínimos cuadrados, dentro de la metodología de los análisis de regresión.

Las funciones empleadas son de dos tipos:

3.4.3.1 Ajuste por regresión lineal simple:

$$y = a + bx$$

donde:

- y es la variable dependiente
- x es la variable independiente
- a es la ordenada en el origen, es decir el valor de "y" cuando "x = 0"
- b es la pendiente de la recta

Es el ajuste más sencillo, generalmente fácil de comprender e interpretar y lo hemos utilizado siempre que ha sido posible. Define una recta (recta de regresión), lo cual facilita la siempre arriesgada inferencia fuera del ámbito de los datos disponibles.

Como ejemplos de este tipo de ajuste podemos citar:

- Figuras 4.1.3.1.b y 4.1.3.1.d, donde:
 - la variable dependiente es el porcentaje de germinación
 - la variable independiente es el peso de cien semillas
- Figuras 4.1.3.2.a y 4.1.3.2.b, donde:
 - la variable dependiente es el tiempo medio de germinación
 - la variable independiente es la temperatura de germinación

- Figura 4.1.3.3.a, donde:
la variable dependiente es el tiempo máximo de germinación
la variable independiente es la temperatura de germinación
- Figura 4.1.3.3.b, donde:
la variable dependiente es el tiempo máximo de germinación
la variable independiente es la edad de la planta productora de semillas.

3.4.3.2 Ajuste por regresión lineal múltiple:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$$

donde:

y es la variable dependiente
 x_1, x_2, x_3 son las variables independientes.

Cuando son dos las variables independientes se forma un plano de regresión (en lugar de una recta) y con más variables independientes se obtienen hiperplanos n-dimensionales imposibles de representar gráficamente.

En muchos de los análisis de regresión se ha presentado también el análisis de la varianza ligado al ajuste de regresión que puede facilitar la discusión de los resultados. Como ejemplos podemos citar:

- Tabla 4.1.3.1.c, ligada a la Tabla 4.1.3.1.b
- Tabla 4.1.3.1.j, ligada a la Tabla 4.1.3.1.i
- Tabla 4.1.3.2.c, ligada a la Tabla 4.1.3.2.b
- Tabla 4.1.3.2.f, ligada a la Tabla 4.1.3.2.e
- Tabla 4.1.3.3.c, ligada a la Tabla 4.1.3.3.b
- Tabla 4.1.3.3.f, ligada a la Tabla 4.1.3.3.e

Tanto en los análisis de varianza como en los ajustes por regresión, se ha apuntado el coeficiente de determinación (R^2) y se ha hecho uso de los cuadrados medios para evaluar la importancia relativa de las variables causales estudiadas.

Como ejemplos de este tipo de ajuste podemos citar:

★ Tabla 4.1.3.1.b, donde:

* variable dependiente: porcentaje de germinación de las semillas

* variables independientes:

- año de recolección de las semillas
- peso de las semillas
- temperatura de germinación
- presencia/ausencia de luz durante la germinación
- presencia/ausencia de fondo caliente durante la germinación

★ Tabla 4.1.3.1.i, donde:

* variable dependiente: porcentaje de germinación de las semillas

* variable independiente:

- año de recolección de las semillas
- peso de las semillas
- temperatura de germinación
- presencia/ausencia de luz durante la germinación

★ Tablas 4.1.3.2.b y 4.1.3.2.e, donde:

* variable dependiente: tiempo medio de germinación de las semillas (TMG)

* variables independientes:

- año de recolección de las semillas
- temperatura de germinación
- peso de las semillas

★ Tablas 4.1.3.3.b y 4.1.3.3.e, donde:

* variables dependientes: Tiempo máximo de germinación de las semillas (T_{max})

* variables independientes:

- año de recolección de las semillas
- temperatura de germinación
- peso de las semillas

3.4.3.3 Correlación entre variables dependientes:

Dado que la correlación entre variables tiene un valor predictivo escaso, hemos recurrido a esta técnica en contadas ocasiones, entre las que citamos los siguientes ejemplos:

- Tablas 4.1.3.4.a y 4.1.3.4.c, donde las variables dependientes estudiadas para la ssp. *vulgare* y *virens*, respectivamente, son: el porcentaje de germinación de las semillas (%G), el tiempo máximo de germinación de las semillas (T_{max}) y el tiempo medio de germinación de las semillas (TMG).
- Tablas 4.1.3.4.b y 4.1.3.4.d, donde las variables dependientes estudiadas para la ssp. *vulgare* y *virens*, respectivamente, son: el porcentaje de germinación de las semillas (%G), el tiempo máximo de germinación de las semillas (T_{max}), el tiempo medio de germinación de las semillas (TMG) y los diferentes años en que se recolectaron las semillas.

ABRIR CAPÍTULO 4

