

Tesi doctoral presentada per En/Na

**Noemi SALVADOR SOLER**

amb el títol

**"El gènere *Bonnemaisonia* (Bonnemaisoniales,  
Rhodophyta) a la Península Ibèrica i les illes Balears:  
taxonomia, cicles vitals, corologia i aplicacions"**

per a l'obtenció del títol de Doctor/a en

FARMÀCIA

Barcelona, 23 d'octubre de 2009.

**Facultat de Farmàcia  
Departament de Productes Naturals,  
Biologia Vegetal i Edafologia**



UNIVERSITAT DE BARCELONA



# ÍNDIX

Pròleg .....	1
<b>INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Posició taxonòmica del gènere <i>Bonnemaisonia</i> .....</b>	<b>5</b>
1.1. Ordre <i>Bonnemaisoniales</i> Feldmann & Feldmann (1942) .....	5
1.2. Família <i>Bonnemaisoniaceae</i> Schmitz in Engler (1892).....	6
1.3. Gènere <i>Bonnemaisonia</i> C. Agardh (1822).....	9
<b>2. El gènere <i>Bonnemaisonia</i> a la península Ibèrica .....</b>	<b>11</b>
2.1. <i>Bonnemaisonia asparagoides</i> (Woodward) C. Agardh (1822) .....	11
2.2. <i>Bonnemaisonia clavata</i> Hamel (1930).....	12
2.3. <i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot (1891) .....	14
<b>3. Cicle vital de les espècies ibèriques del gènere <i>Bonnemaisonia</i> .....</b>	<b>17</b>
3.1. <i>Bonnemaisonia hamifera</i> .....	18
3.2. <i>Bonnemaisonia asparagoides</i> .....	20
3.3. <i>Bonnemaisonia clavata</i> .....	21
3.4. La meiosi.....	22
<b>OBJECTIUS .....</b>	<b>25</b>
<b>COMPENDI DE PUBLICACIONS .....</b>	<b>29</b>
Noemi Salvador, Amelia Gómez Garreta & M. Antonia Ribera. 2008. Characterization of two frequently confused species, <i>Bonnemaisonia asparagoides</i> and <i>Bonnemaisonia clavata</i> (Bonnemaisoniales, Rhodophyta), on the basis of morphological and molecular evidence. <i>Phycologia</i> 47 (2): 177-190.....	31

Noemi Salvador, Amelia Gómez Garreta & M. Antonia Ribera. 2005. **Estudio taxonómico del género *Bonnemaisonia* C. Agardh en la Península Ibérica.** VII Congreso de Ficología de Latinoamérica y el Caribe. Libro de resúmenes, pàg. 47....51

Noemi Salvador Soler, Maria Antonia Ribera Siguan, Amelia Gómez Garreta & Marina Morabito. 2009b. **Molecular phylogeny of the Bonnemaisoniaceae (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) from the Iberian Peninsula.** *European Journal of Phycology*. (en revisió).....59

Noemi Salvador, Amelia Gómez Garreta & M. Antonia Ribera. 2006. **Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica y las Islas Baleares. XXII. Bonnemaisoniales (Bonnemaisoniaceae, Rhodophyta).** *Botanica Complutensis* 30: 161-166.....83

Noemi Salvador, Amelia Gómez Garreta & M. Antonia Ribera. 2009a. **Somatic meiosis in the life history of *Bonnemaisonia asparagoides* and *Bonnemaisonia clavata* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) from the Iberian Peninsula.** *European Journal of Phycology* 44 (3): 381-393.....91

Noemi Salvador, Amelia Gómez Garreta, M. Antonia Ribera i Donald F. Kapraun 2009c. **Nuclear DNA content variation in life history phases of the Iberian Bonnemaisoniaceae (Rhodophyta).** (pendent d'enviar) ..... 109

## **RESULTATS I DISCUSSIÓ..... 135**

### **1. Revisió taxonòmica del gènere *Bonnemaisonia* a la península Ibèrica.....137**

1.1. Estudi morfoanatòmic comparatiu de *B. asparagoides* i *B. clavata*..... 137

1.2. Confirmació de la validesa taxonòmica de *B. clavata* ..... 139

1.3. Estudi de la posició sistemàtica de *B. hamifera* dins la família *Bonnemaisoniaceae* ..... 140

1.4. Determinació de la distribució de les tres espècies a la península Ibèrica....145

### **2. Descripció del cicle vital de *B. asparagoides* i *B. clavata* .....148**

2.1. El desenvolupament del gametòfit a partir d' "Hymenoclonium" .....148

2.2. Demostració de l'existència de la divisió meiótica i la seva localització en el cicle vital d'aquestes espècies .....149

2.3. Definició del cicle vital d'aquestes espècies .....152

### **3. Quantificació del DNA nuclear .....154**

3.1. El contingut de DNA nuclear dins les *Bonnemaisoniales* ..... 154

3.2. Alternança de fases haploides i diploides en el cicle nuclear de les <i>Bonnemaisoniaceae</i> de la península Ibèrica. ....	157
--	-----

<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>159</b>
-------------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>165</b>
--------------------------	------------

<b>ANNEX.....</b>	<b>179</b>
-------------------	------------

<b>1. Publicacions relacionades .....</b>	<b>181</b>
---	------------

N. Salvador, A. Gómez Garreta, L. Lavelli & M. A. Ribera. 2007. <b>Antimicrobial Activity of Iberian Macroalgae</b> . <i>Scientia Marina</i> 71 (1): 101-113 .....	183
--	-----

José Silva, N. Salvador & J. Rull Lluch. 2009. <b><i>Polysiphonia perforans</i> Cormaci, G. Furnari, Pizzuto &amp; Serio and <i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot, new records for the Mediterranean Spanish coast</b> . <i>Proceedings of the 1<sup>st</sup> Mediterranean symposium on the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions</i> : 255-258 .....	199
---	-----

Amelia Gómez Garreta, M <sup>a</sup> Antonia Ribera Siguan, Noemi Salvador Soler, Jordi Rull Lluch & Donald F. Kapraun. 2009. <b>Fucales (Phaeophyceae) from Spain characterized by large scale discontinuous nuclear DNA contents consistent with ancestral cryptopolyploidy</b> . <i>Phycologia</i> . (en premsa) .....	205
---	-----

<b>2. Tipus nomenclaturals.....</b>	<b>217</b>
-------------------------------------	------------

<b>3. Mapes de distribució al Mediterrani .....</b>	<b>225</b>
---	------------

<b>4. Il·lustracions.....</b>	<b>229</b>
-------------------------------	------------



## Pròleg

Aquesta tesi doctoral és el resultat de la conjunció en la participació de tres projectes de recerca: *Natural preservatives produced by macroalgae and their use in cosmetic applications* (CRAFT-2001-7057), projecte europeu en què col·laboraven diverses empreses i universitats europees; *Flora Phycologica Iberica: Bonnemaisoniales, Gracilariales, Palmariales y Rhodymeniales* (REN2001-1473-C03-01), projecte finançat pel Ministeri d'Educació, Cultura i Esport en què participaren ficòlegs de diferents universitats espanyoles, i, finalment, *Estudio del contenido de ADN nuclear en algas, con especial referencia a las feofíceas* (CGL2005-02330/BOS), projecte en col·laboració amb el Dr. Fritz Kapraun de la *University of North Carolina* (EUA) i finançat pel Ministeri d'Educació i Ciència.

El primer projecte, *Natural preservatives produced by macroalgae and their use in cosmetic applications*, tenia com a objectiu investigar les propietats antibiòtiques de les macroalgues marines de cara a la seva utilització comercial com a conservants naturals en la indústria cosmètica. El nostre equip participà en la primera part del projecte (entre els anys 2001 i 2003), que tenia com a objectiu seleccionar les deu espècies de macroalgues marines que presentaven una activitat antibiòtica més gran. El treball experimental d'aquesta part consistia a fer un ampli cribratge sobre l'activitat antibiòtica de les macroalgues presents a les nostres costes. De les vuitanta-dues espècies analitzades en aquest treball, les espècies dels gèneres *Asparagopsis* Harvey i *Bonnemaisonia* C. Agardh (*Bonnemaisoniales*) destacaren especialment perquè presentaven els valors més elevats d'activitat antimicrobiana i antifúngica.

Arran dels resultats obtinguts en el projecte anterior amb *Asparagopsis* i *Bonnemaisonia*, enfocat en el seu potencial ús industrial, ens va interessar dur a terme la revisió taxonòmica de l'ordre *Bonnemaisoniales*, estudi que es va emmarcar en el projecte *Flora Phycologica Iberica: Bonnemaisoniales, Gracilariales, Palmariales y Rhodymeniales* (REN2001-1473-C03-01), vigent entre els anys 2002 i 2005. En un principi s'estudiaren tant els gèneres *Bonnemaisonia* com *Asparagopsis*, encara que posteriorment vam decidir concentrar tota l'atenció en el primer per les nombroses incògnites que mostraven les seves espècies a nivell morfològic, anatòmic i reproductor, així com en el seu cicle vital.

Finalment, l'últim projecte, *Estudio del contenido de ADN nuclear en algas, con especial referencia a las feofíceas*, portat a terme entre els anys 2005 i 2009, ens va permetre posar a punt al nostre laboratori la tècnica de la quantificació del DNA de les algues i, posteriorment, utilitzar-la com a eina complementària en aquesta tesi. En primer lloc, això va servir per quantificar el DNA nuclear (pg) en totes les *Bonnemaisoniaceae* presents a la península Ibèrica i confirmar l'alternança de generacions haploides i diploides en el cicle d'aquestes espècies. En segon lloc, mitjançant l'obtenció de la quantitat de DNA nuclear en les cèl·lules d'individus en diferents estadis de desenvolupament del cicle vital, es permetia determinar la posició de la meiosi i el tipus de cicle vital en les espècies que ho requerissin.

La memòria que es presenta és, finalment, un estudi multidisciplinari sobre les espècies del gènere *Bonnemaisonia* a la península Ibèrica, en el qual s'integra la taxonomia tradicional descriptiva i l'estudi dels cicles vitals amb les tècniques actuals de biologia molecular i de citogenètica com ara la quantificació del DNA nuclear. La taxonomia descriptiva ens va proporcionar dades sobre morfologia, anatomia, processos de reproducció i fenologia. La resolució dels problemes taxonòmics ens va permetre confirmar les espècies de *Bonnemaisonia* presents a la península Ibèrica i, en conseqüència, actualitzar la seva corologia. L'estudi dels cicles vitals mitjançant cultius *in vitro* (cambres de cultiu d'ambient controlat: temperatura, intensitat lluminosa i fotoperíode) ens va permetre obtenir les diferents generacions en el cicle de cada espècie i descriure les generacions menys conegudes; així mateix, el material que provenia dels cultius es va utilitzar per mesurar el DNA nuclear. La quantificació del DNA nuclear és una tècnica que pot ser emprada, entre altres usos, per confirmar l'alternança de fases nuclears en els cicles vitals. Finalment, els estudis de biologia molecular proporcionaren caràcters moleculars útils, en alguns casos, a l'hora de verificar la validesa taxonòmica dels caràcters anatòmics i reproductius utilitzats tradicionalment.