

---

# EXPERIENCIAS COLOMBIANAS EN LA UTILIZACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO Y EXTRACTOS EXPERIMENTALES A PARTIR DE MACROALGAS MARINAS DEL CARIBE: ESTADO ACTUAL DE SU CONOCIMIENTO

Ricardo Álvarez-León<sup>1</sup>  
Alba Alicia Trespalacios-Rangel<sup>2</sup>  
Marcela M. Mercado-Reyes<sup>2</sup>

## RESUMEN

Después de desarrollarse una amplia y ambiciosa serie de investigaciones, se ha avanzado en el aislamiento, purificación y caracterización química de las sustancias responsables de la actividad especialmente antibacterial y antifúngica, pero también antimitótica, citotóxica e ictiotóxica de los extractos orgánicos crudos, liofilizados y específicos (metanólicos) de algunas macroalgas marinas colombianas. Igualmente se ha determinado la cantidad y calidad del agar, agaroides y mucílagos obtenidos de algas rodófitas en la región noroeste de Colombia. Tres grupos de investigación en diferentes ciudades del país, pero utilizando el material biológico recolectado en las regiones de Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena) y Riohacha (Guajira), trabajan en los proyectos "Estudio preliminar para la obtención de agar bacteriológico a partir de algas nativas del Caribe colombiano" (Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá), "Estudio de la actividad antimicrobiana de los extractos alcohólicos de algunas macroalgas del Caribe colombiano" (Universidad de Antioquia - Universidad Nacional de Colombia, Medellín), "Ensayos de actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos crudos de algunas macroalgas del Caribe colombiano" (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta). Si se tiene

en cuenta que en Colombia el consumo de agar bacteriológico asciende aproximadamente a una tonelada anual, es evidente que a partir de los resultados obtenidos en dichos proyectos sería posible disminuir los costos al producirse agar a partir de algas rojas, además de los avances biológicos, ecológicos, químicos y médicos previstos.

**Palabras clave:** medios de cultivo, actividad bactericida, algas rojas, Región del Caribe, Colombia.

## COLOMBIAN EXPERIENCES IN THE USE OF CULTURE MEDIA AND EXPERIMENTAL EXTRACTS FROM MARINE MACROALGAE OF THE CARIBBEAN SEA: CURRENT STATE OF KNOWLEDGE

### ABSTRACT

After developing a wide and ambitious series of investigations, advancements have been made regarding the isolation, purification and chemical characterization of the substances responsible for the antibacterial and antifungal activity, but also in the antimitotic, cytotoxic

---

<sup>1</sup> Fundación Maguaré, Manizales (Caldas) Colombia. alvarez\_leon@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia. alba.trespalacios@javeriana.edu.co, marcela.mercado@javerian.edu.co

and ictiotoxic activity of the raw, liofilized and specific (metanolics) organic extracts of some Colombian marine macroalgae. In the same manner, the quantity and quality of the agar, agaroids and mucilages obtained from rodophyties algae in the northwest region of Colombia have been determined. Three research groups in different cities of the country, but using the biological material gathered in Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena) and, Riohacha (Guajira) regions, work on the following projects: "Preliminary study on the obtainment of bacteriological agar from native algae of the Colombian Caribbean" (Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá), "Study on the antibacterial activity of the alcoholic extracts of some macroalgae of the Colombian Caribbean"

(Universidad de Antioquia - National University of Colombia, Medellín), "Tests on the biological activity and chemical ecology of raw organic extracts of some macroalgae of the Colombian Caribbean" (University of Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta). Keeping in mind that in Colombia, the consumption of bacteriological agar rises to approximately one annual ton, it is evident that based on the results obtained in these projects, it would be possible to diminish the costs when producing agar from red algae, as well as the expected biological, ecological, chemical, and medical advances.

**Key words:** cultivation means, bacteriological activity, red algae, Caribbean Region, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de las algas rojas como fuente de agar microbiológico es muy conocida y de eficacia comprobada a nivel mundial (1). Los primeros estudios florísticos sobre las algas de Colombia se deben al material recolectado por expediciones extranjeras como la realizada por la *Allan Hancock Expedition* en 1939 en el Caribe (3). Actualmente, después de desarrollarse una amplia y ambiciosa serie de investigaciones, el número de algas conocidas en las costas de Colombia asciende a 698 especies, en el Caribe 565 (16 verdeazuladas, 165 verdes, 70 pardas y 314 rojas) (13), y en el Pacífico 133 (27 algas verdes, 22 algas pardas, 84 algas rojas) (10, 14).

En Colombia el consumo de agar asciende aproximadamente a una tonelada anual, la cual es importada en su totalidad, generando un incremento en los costos de los análisis microbiológicos que incluyen esta materia prima. Una solución a esta situación es producir agar en Colombia con recursos propios para de esta manera suplir las necesidades propias y, eventualmente, poder exportar este producto a otros países con mayor demanda a países vecinos.

Esta posibilidad, abriría nuevas expectativas de industrialización y generación de empleo, uno de los más graves problemas que soportan en la actualidad muchos colombianos (35).

Varias universidades han desarrollado proyectos sobre las macroalgas marinas del Caribe colombiano, con diferentes enfoques pero siempre con el objeto de conocer la cantidad y calidad de las especies, con miras a su aprovechamiento integral. Se destacan no obstante aquellas iniciativas relacionadas con las experiencias colombianas en la utilización de medios de cultivo a partir del agar de macroalgas marinas y de extractos algales que inhiben o propician el crecimiento de bacterias y hongos en condiciones controladas de laboratorio. También han sido evaluadas las acciones antimutagénica, citotóxica e ictiotóxica.

La colecta de las algas se realizó en diferentes localidades del Caribe colombiano, principalmente de los municipios de Cartagena de Indias, departamento de Bolívar; Santa Marta, departamento del Magdalena; y Riohacha, departamento de La Guajira. Los ecosistemas también fueron variados pero por lo general fueron: arrecifes coralinos, manglares, praderas

de fanerógamas, o costas rocosas. En la gran mayoría de estudios se realizaron mediciones de salinidad (ups), temperatura (°C), pH (unidades) y oxígeno (ml/lt). Luego se procedió a la clasificación taxonómica de las algas colectadas, las cuales fueron comparadas con las colecciones de algas existentes en las universidades nacionales (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Principal y Seccional Caribe; Universidad del Magdalena; Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá y Sede Medellín) o los institutos (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Vives D'Andreis" INVEMAR; Instituto de Ciencias Naturales ICN).

Los agares empleados en los diferentes proyectos fueron obtenidos a partir de procesos por lo general de extracción ácida o básica, con decoloración previa de las algas con hipoclorito de sodio. Las algas decoloradas y lavadas fueron cocinadas en agua por un tiempo variable entre 5 y 6 horas, y por lo general, en la extracción se empleó vinagre como coadyuvante. El extracto líquido obtenido fue congelado y descongelado, y finalmente secado en bandejas a temperaturas entre 65 y 70°C.

## RESULTADOS

### Extracción y Caracterización

Utilizando algas rojas agarófitas, las investigaciones han incluido estudios sobre el contenido de agar así como el análisis de sus extractos (13, 28, 34), evaluación de la calidad del agar obtenido (22, 25, 36, 37), como posible fuente comercial y suplemento alimenticio de animales (36), actividad biológica y ecología química (15), y recientemente el efecto de los extractos metanólicos de algas rojas en el ciclo celular de la línea HT29 (29).

### Evaluaciones de los extractos

Una vez extraídos y caracterizados los contenidos de agar se ha evaluado la actividad

antimicrobiana de los extractos de algunas algas rojas (6, 19, 21, 27, 29), las actividades antimicrobianas presentes en extractos de algas verdes (6, 12, 19, 21, 29, 33) y pardas (8, 27). También se han realizado pruebas sobre la acción antifúngica de algunas algas rojas (20, 23) o ictiotóxica de algas pardas (2).

Inicialmente las bacterias utilizadas para las pruebas microbiológicas fueron: *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Echerichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Saccharomyces* sp. (6, 8).

Recientemente se está evaluando también la productividad del agar microbiológico a partir de algas rojas (4) y el comportamiento de los extractos algales frente a 11 especies bacterianas (*Citrobacter freundii*, *E. coli*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyogenes*) (11), 1 especie de bacteria (*Bordetella bronchiseptica*) + 4 especies de hongos (*Candida albicans* A, *Candida albicans* B, *C. parasilopsis*, *C. krusei*) (17), 16 bacterias (*B. bronchiseptica*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterococcus faecalis*, *E.coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Morganella morganii*, *Providencia stuartii*, *Salmonella choleraesuis*, *S. paratyphi* A, *S. paratyphi* B, *S. typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *S. flexneri*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus mutans*, *S. pyogenes*) (18), y 3 especies bacterianas (*B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus*) (27).

## CONCLUSIONES

Las iniciativas y esfuerzos nacionales pueden sintetizarse en los siguientes aspectos:

### Universidad Nacional de Colombia

Varios profesores de los Departamentos de Química y de Farmacia presentaron un proyecto en el cual se propuso profundizar en el aprovechamiento de las algas marinas del Caribe colombiano. El desarrollo de dicho proyecto se realizó a través de un grupo considerable

de trabajos de tesis que se llevaron a cabo en las décadas de los 70 y los 80 en la Sede de Bogotá (5). Posteriormente, dicho proyecto fue complementado con las actualizaciones al proyecto original (7, 27, 28), cuyas contribuciones incluyen variados temas y por lo menos 40 especies de algas verdes (*Caulerpa mexicana*, *C. prolifera*, *C. racemosa*, *C. sertularioides*, *Caulerpa* sp., *Codium decorticatum*, *Cladophora* sp., *Enteromorpha* sp., *Halimeda opuntia*, *Penicillus pyriformis*, *Ulva fasciata*, *U. lactuca*, *U. rigida*), pardas (*Dictyota cervicornis*, *Sargassum filipendula*, *S. polyceratum*, *S. rigidulum*, *Sargassum* sp., *Spatoglossum schroederi*, *Padina gymnospora*, *Padina* sp.) y rojas (*Acanthophora muscoides*, *Agardhiella tenera*, *Bryothamnion triquetrum*, *Cryptonemia luca*, *Gelidiella acerosa*, *Gracilaria cervicornis*, *G. crassissima*, *G. cylindrica*, *G. ferox*, *G. filifera*, *G. domingensis*, *G. mammillaris*, *G. sjostedtii*, *G. verrucosa*, *Hypnea musciformis*, *Grateloupia filicina*, *Laurencia obtusa*, *L. papillosa*).

### Universidad de Los Andes

En el proyecto inicial se propuso una investigación sobre algunos géneros de las algas marinas del Caribe, teniendo como base el Centro de Investigaciones Microbiológicas de la Universidad de Los Andes en la Sede de Bogotá y el Botanische Institut de la Justus Liebig Universität de Alemania (22). El desarrollo de dicho proyecto no pudo concretarse con la amplitud esperada, aunque se han realizado varios informes sobre algas rojas (*Gelidium americanum*, *Gracilaria domingensis*, *G. mammillaris*, *G. verrucosa*, *Pterocladia pinnata*) y un pasto marino (*Syringodium filiforme*).

### Universidad de Antioquia

Su proyecto incluyó el estudio químico de algas del Caribe (*Sargassum cymosum*, Phaeophyta y *Grateloupia doryphora*, Rhodophyta), esteroides libres del alga parda marina *S. cymosum* (26) y el estudio de los extractos alcohólicos en cuanto a la actividad antimetabólica del alga parda *Dictyota pulchella* e ictiotóxica sobre el pez (*Stegastes*

*partitus*) de 4 algas pardas (*Cladophyllum schneiteri*, *Dictyota bartayresiana*, *D. pulchella*, *Padina boergesenii*) y 1 roja (*Laurencia microcladia*) (27), actividad antimetabólica de los extractos metanólicos de las macroalgas marinas *Digenia simplex* y *Galaxaura obtusa* (20).

### Pontificia Universidad Javeriana

El grupo de investigación del Laboratorio de Microbiología Especial, procesó tres especies de algas rojas (*Gracilaria cylindrica*, *G. mammillaris*, *G. verrucosa*), provenientes del área del aeropuerto de Santa Marta y ésta obtuvo un producto que presenta un grado de gelificación muy cercano al del agar para uso microbiológico y con muy buenos resultados para el crecimiento óptimo de 30 especies de bacterias y hongos (11, 16, 17, 18, 35).

### Universidad de Bogotá

Los trabajos realizados en la taxonomía y ecología han sido un valioso complemento y apoyo a los proyectos de investigación de otras universidades nacionales. Los trabajos sobre el efecto de la exclusión de herbívoros sobre alga parda *Padina boergesenii* (2), la actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos crudos de algunas macroalgas (15), y la evaluación del efecto del extracto metanólico de tres macroalgas marinas en el ciclo celular de la línea HT29 (30).

### Universidad de América

Los trabajos realizados han apoyado y complementado, desde el punto de vista de la ingeniería química, los proyectos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia (9) y de la Pontificia Universidad Javeriana con las algas *G. cylindrica*, *G. mammillaris* (13).

Sin duda el nivel de conocimiento que ahora se tiene de los compuestos derivados de las algas marinas de Colombia permitirá que los proyectos biotecnológicos ofrezcan variados y útiles productos para el bienestar y salud de sus

habitantes. Será indispensable que los proyectos de bioprospección y de escalamiento, tengan el suficiente respaldo para que sean financiados de acuerdo a las necesidades crecientes de la población.

## AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue especialmente preparada para la iniciación y posterior

realización del Proyecto "Obtención de agar bacteriológico a partir de algas rojas del Caribe colombiano PUJ 1373 / FBDR 1571". Se agradecen todos los comentarios y sugerencias de los colegas y especialistas en ficología que han tenido la oportunidad de sugerir modificaciones en beneficio de la versión final de este aporte, muy especialmente al doctor César Acleto-Osorio del Museo de Historia Natural de la Universidad de San Marcos (Lima, Perú).

## REFERENCIAS

1. Acleto-Osorio C. Importancia económica de las algas marinas. Univ. Nal. Federico Villarreal - Fac. Oceanografía y Pesquería / Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - Fac. de Ciencias del Mar. Cartagena (Bol.) 1971; 23 p.
2. Almanza-Marroquín V; Villamil-Díaz LM. 1998. Efecto de la exclusión de herbívoros sobre alga parda *Padina boergeseni* en el Morro, Gaira, Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Biol. Marina. Univ. de Bogotá 1998; s.p.
3. Álvarez-León R. Anotaciones sobre la investigación científica del mar en Latinoamérica. UBJTL-Inf. Museo del Mar 1979;(23):1-46.
4. Álvarez-León R; Trespalacios-Rangel AA; Mercado-Reyes MM. Experiencias colombianas en la utilización de medios de cultivo a partir de macroalgas marinas del Caribe. Taller de BioMedioCultivos, Centro Nacional de BioPreparados, BIOECEN. La Habana (Cuba) octubre 23-25 2003 (resumen).
5. Arteaga-Carvajal M; de Silvestri J. Evaluación de la actividad antimicrobiana de las sustancias extraíbles de *Hypnea musciformis*, *Enteromorpha* sp. y *Caulerpa mexicana*, y estudios preliminares de los ciclos estacionales de productos de los espectros de actividad antimicrobiana y de la estabilidad por liofilización. Fac. de Ciencias, Dpto. de Farmacia. Univ. Nal. de Colombia 1971;s.p.
6. Arteaga-Carvajal M; de Silvestri J. Estudio de las sustancias con propiedades antimicrobianas extraídas de algas marinas pertenecientes al litoral atlántico colombiano. Rev. Colomb. de Cienc. Químicas-Farmacéuticas 1985;4(2):47-52.
7. Arteaga-Carvajal M; Panizzo-Durán L; Schnetter R. Proyecto de investigación biológica, química y farmacológica de algas colombianas. Fac. de Ciencias, Dptos. de Química y Farmacia. Univ. Nal. de Colombia 1971;s.p.
8. Ayala-Eslava JE. Evaluación de fenoles en *Sargassum* sp. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Química. Univ. Nal. de Colombia 1982;121p.
9. Becerra de Rodríguez RA; Giraldo-Delgadillo M; Hadra-Sauda A. Estudio de factibilidad del montaje de una planta de ácido alginico en Colombia. Tesis Profesional. Fac. de Ing. Química. Univ. de América 1973.
10. Bula-Meyer GA. Estado actual de la taxonomía de las macroalgas marinas de Colombia. UBJTL-Bol. Ecotrópica 1998;33:1-14.

11. Calderón-Carvajal DL; Villalobos-Rodríguez AP. Determinación de la productividad del agar bacteriológico obtenido a partir de algas (*Gracilaria mammillaris*) con diferentes especies bacterianas. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Microbiol. Especial. Pontificia Univ. Javeriana 2003.
12. Cháves-Páez MC. Estudio preliminar de separación de las sustancias con actividad antimicrobiana presentes en extractos liofilizados de *Caulerpa mexicana*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Farmacia. Univ. Nal. de Colombia 1983;119p.
13. Coello-Sarmiento S. Extracción de agar a partir de algas rojas pertenecientes al género *Gracilaria* a nivel de laboratorio. Tesis profesional. Fac. de Ing. Química. Univ. de América 2004.
14. Díaz-Pulido G; Díaz-Ruiz M. Diversity of benthic marine algae of the Colombia Atlantic. *Biota Colombiana* 2003;4(2):203-246.
15. Díaz-Ruiz MC. Ensayos de actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos crudos de algunas macroalgas del Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Biol. Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano 2002;68p.
16. Dulce-Rivadeneira MF; Montilla-Escudero EA. Evaluación de la productividad de agar nutritivo preparado con agar agar, obtenido de *Gracilaria verrucosa*, con diferentes especies bacterianas. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Microbiol. Especial. Pontificia Univ. Javeriana 2005.
17. Estupiñán-Estupiñán Z; López-Palmezano, MP. Obtención de agar microbiológico a partir de *Gracilaria verrucosa*: Ensayos de productividad en con diferentes especies de candidas. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Microbiol. Especial. Pontificia Univ. Javeriana 2005;102p.
18. Fierro-Mora J; Otálora-Pinzón MG. Determinación de la productividad del agar bacteriológico obtenido a partir de algas rojas (*Gracilaria cylindrica*) con diferentes especies bacterianas. VII Congr. Nal. de ACEBAC. Valledupar (Cesar) abril 23-27 2004 (resumen).
19. García-Morantes G; Fonseca-Villamil G. Estudios de la actividad antimicrobiana y de la estabilidad de extractos obtenidos de algunas algas marinas colombianas. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Farmacia. Univ. Nal. de Colombia 1977a;14 p.
20. García-Morantes G; Fonseca-Villamil G. Estudios de la actividad antimicrobiana y de la estabilidad de extractos obtenidos de algunas algas marinas colombianas. *Rev. Colomb. de Cienc. Químicas-Farmacéuticas* 1977b;48-51.
21. Galeano-Jaramillo E. Aislamiento, purificación y caracterización química de las sustancias responsables de la actividad antimitótica de los extractos metanólicos de las macroalgas marinas *Digenia simplex* y *Galaxaura obtusa*. Tesis M. Sc. Fac. de Ciencias Farmacéuticas. Univ. de Antioquia, 2003 GROSE E. Determinación de la calidad del agar obtenido de algas rodofíceas en la región noroeste de Colombia. Proy. UDLA-CIM. Bogotá D. E. (Colombia) 1988;s.p.
22. Grose E. Actividad antifungicida de extractos crudos de algas rojas marinas. Proy. UDLA-CIM. Bogotá D. E. (Colombia) 1994;s.p.
23. Grose E; Schnetter R. Possible industrial use of Colombian marine algae. Proy. UDLA-CIM / BI-JLU. Bogotá D. E. (Colombia) 1986;s.p.
24. Grose E; Vives M. Determinación de la calidad del agar obtenido de algas rodofíceas en la región noroeste de Colombia. Proy. UDLA-CIM. Santa Fe de Bogotá D. C. (Colombia) 1994;s.p.
25. Martínez-Martínez A. Contribución al estudio químico de las algas colombianas *Grateloupia doryophora* (Rhodophyta) y *Sargassum cymosum* (Phaeophyta). Proy. UDA/COLCIENCIAS 1115-05-062-85. Inf. Final 1990.

26. Martínez-Martínez A; Arias LA; Rueda JL, Díaz-Ruiz MC; Bula-Meyer GA. Estudio de la actividad antimicrobiana de los extractos alcohólicos de algunas macroalgas del Caribe colombiano. *Vitae (Rev. Fac. de Química Farmacéutica, Univ. de Antioquia)* 2002;9(2):49-55.
27. Mosquera-Malagón R; Trujillo-León F; Zambrano de Cajiao F. Estudio de agarófitas del litoral Atlántico y análisis de los extractos. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Depto. de Química. Univ. Nal. de Colombia 1973;143p.
28. Núñez-Olarte E; Arteaga-Carvajal M; M. Castro. Investigación de la actividad antimicrobiana de extractos de algunas algas marinas colombianas. *Rev. Colomb. de Cienc. Químicas-Farmacéuticas* 1972;2(1):125-130.
29. Ospina-Guerrero SP. Evaluación del efecto del extracto metanólico de tres macroalgas marinas en el ciclo celular de la línea HT29. Tesis Profesional. Fac. Biol. Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano 2002.
30. Panizzo-Durán L. Programa de investigación biológica, química y farmacológica de algas marinas colombianas, pp. 146-153 In: *Mem. Sem. Lat.-Amer. de la Química de los Productos Naturales, UNC/OEA, Bogotá D. E. (Colombia) junio 30-Julio 9 1976.*
31. Panizzo-Durán L; Schnetter R; Cabezas H; Vargas C; Morales J. Investigación biológica, química y farmacológica de algas marinas colombianas. *Proy. UNC/COLCIENCIAS 10000-1-35-73. Bogotá D. E. (Colombia) 1973.*
32. Prieto NA; Vásquez ME. Estudio preliminar de separación de sustancias con propiedades antimicrobianas presentes en los extractos liofilizados de *Enteromorpha* sp. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Farmacia. Univ. Nal. de Colombia 1983.
33. Schlenker C; Trujillo E. Contribución al estudio del contenido de agar, agaroides y mucílagos de algunas especies de algas rojas de la costa atlántica colombiana. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, Dpto. de Química. Univ. Nal. de Colombia 1971;178p.
34. Trespalacios-Rangel AA; Mercado-Reyes MM; Álvarez-León R. Estudio preliminar para la obtención del agar bacteriológico a partir de algas rojas del Caribe colombiano. *Proy. PUJ 1373/FBDR 1571. Bogotá D. C. (Colombia) 2002.*
35. Udla. Algas rodofíceas y pasto marino de la costa Caribe de Colombia como posible fuente comercial de agar y suplemento alimenticio de animales. *Proy. Universidad de Los Andes / COLCIENCIAS 1204-09-024-88. Santa Fe de Bogotá, D.C. Inf. Final 1993.*
36. Udla. Determinación de la calidad del agar obtenido de algas rodofíceas recolectadas en la región noreste de la costa Caribe colombiana. *Proy. Universidad de Los Andes / COLCIENCIAS 1204-09-023-88. Santa Fe de Bogotá, D.C. Inf. Final 1995.*