



ANÁLISIS DEL ESTADO DE LOS RECURSOS Y DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL DE LA RESERVA NATURAL DEL CANAL LUIS PEÑA, CULEBRA, P.R.

EDWIN A. HERNÁNDEZ-DELGADO

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ARRECIFES DE CORAL
PROYECTO DE MONITOREO, RESTAURACIÓN Y MANEJO DE ARRECIFES DE CORAL
APT. 23360, SAN JUAN, PR 00931-3360
CORAL_GIAC@YAHOO.COM**

INFORME SOMETIDO A LA AUTORIDAD DE CONSERVACIÓN Y DESARROLLO DE CULEBRA

CULEBRA, PUERTO RICO

2 DE AGOSTO DE 2004

Este trabajo debe citarse de la siguiente forma:

Hernández-Delgado, E.A. 2004. Análisis del estado de los recursos y de la situación ambiental de la Reserva Natural del Canal Luis Peña, Culebra, P.R. Informe Técnico sometido a la Autoridad de Conservación y Desarrollo de Culebra, Culebra, PR. 2 de agosto de 2004. 133 pp.

Dirección de contacto del autor:

Edwin A. Hernández-Delgado, Ph.D.
Investigador Post-Doctoral y Conferenciante
Universidad de Puerto Rico
Departamento de Biología
Grupo de Investigación en Arrecifes de Coral
Proyecto de Monitoreo, Restauración y Manejo de Arrecifes de Coral
Apt. 23360
San Juan, Puerto Rico 00931-3360
Tel. 787-764-0000, x-4880/4855
Fax 787-764-2610
coral_giac@yahoo.com

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
Introducción.	1 – 4
Arrecifes de coral.	5 – 62
Significado local.	9
Significado regional.	9 – 11
Estado actual.	12 – 19
Factores causales de mortalidad de corales.	20 – 33
Los arrecifes de la RNCLP en el contexto regional.	34 – 40
Proyecto comunitario de acuicultura de corales y de restauración de arrecifes de coral.	40 - 59
Proyecto piloto de reconstrucción paisajista de los arrecifes de coral.	60 – 62
Comunidades de peces de arrecifes.	62 – 85
Patrones de variación temporal en la estructura de la comunidad de peces.	64 - 69
Relaciones entre la magnitud de los cambios en la comunidad de peces y los cambios ambientales en la comunidad béntica de los arrecifes de coral.	69 - 72
Evidencia adicional de los efectos de la pesca ilegal en la RNCLP.	72 – 77
Patrones espaciales de las comunidades de peces en la RNCLP.	77 – 85
Yerbazales marinos.	85 - k
Importancia de los yerbazales marinos.	85 – 96
Calidad del agua y el estado de los yerbazales marinos.	96 – 103
Poblaciones de carruchos.	103 – 108
Poblaciones del erizo gigante, <i>Diadema antillarum</i> .	108 – 113
Otros factores ambientales que afectan directamente a la RNCLP.	113 – 125
Explosivos sin detonar.	113 – 116
Patrones de desarrollo en Culebra: La tierra de nadie.	116 – 122
Pérdida de confianza en la comunidad.	123 - 125
Conclusiones e implicaciones para el manejo.	126 - 127
Agradecimientos.	127
Literatura citada.	128 -133

INDICE DE TABLAS

	Páginas
TABLA 1. Compendio cronológico de algunos de los estudios más importantes de los arrecifes de coral de la Isla de Culebra.	6 - 8
TABLA 2. Resumen de la riqueza de especies por filum en la RNCLP (Hernández-Delgado y Rosado-Matías, 2003).	11

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA 1. Localización de los límites geográficos de la Reserva Natural del Canal Luis Peña basada en las coordenadas provistas por la Orden Administrativa 2003-14 del Secretario del DRNA (14 de agosto de 2003).	4
FIGURA 2. Arrecifes de coral de la RNCLP.	10
FIGURA 3. Características de la comunidad arrecifal en la estación CR1 en la RNCLP (Hernández-Delgado y Sabat, bajo revisión).	13
FIGURA 4. Características de la comunidad arrecifal en la estación CR2 en la RNCLP (Hernández-Delgado y Sabat, bajo revisión).	14
FIGURA 5. Patrones temporales de variación en la estructura de la comunidad de arrecifes de coral en la estación CR1.	16
FIGURA 6. Patrones temporales de variación en la estructura de la comunidad de arrecifes de coral en la estación CR2.	17
FIGURA 7. Predicciones teóricas de los estadios alternativos estables de los arrecifes de coral de la RNCLP (basado en el modelo de Hernández-Delgado, 2000).	19
FIGURA 8. Factores biológicos causales de mortalidad en los corales.	21
FIGURA 9. Otras fuentes naturales de mortalidad de corales en la RNCLP.	22
FIGURA 10. Otras fuentes naturales de mortalidad de corales en la RNCLP.	23
FIGURA 11. La interacción de factores naturales y antropogénicos acelera la mortalidad de corales en la RNCLP.	24
FIGURA 12. Ejemplos de las prácticas pobres en el manejo del uso de los terrenos en Culebra.	25
FIGURA 13. Otros ejemplos de las prácticas pobres en el manejo del uso de los terrenos en Culebra.	26
FIGURA 14. Otros ejemplos de las prácticas pobres en el manejo del uso de los terrenos en Culebra.	27
FIGURA 15. Ejemplos de caminos sin pavimentar cercanos a la costa.	28

INDICE DE FIGURAS (CONT.)

	Páginas
FIGURA 16. Efectos de las escorrentías sedimentadas cargadas de nutrientes.	29
FIGURA 17. Efectos adicionales de las escorrentías sedimentadas cargadas de nutrientes.	30
FIGURA 18. Mecanismos combinados “top-down” y “bottom-up” sugeridos en la pérdida de arrecifes de coral documentada en la RNCLP (modificado de Hernández-Delgado, 2000).	33
FIGURA 19. Gradiente de transparencia horizontal del agua a través de un gradiente de distancia de la costa noreste de Puerto Rico de 59 km, desde Río Grande hasta las costas de las Islas de Culebra y Vieques (datos de Hernández-Delgado, bajo revision a).	35
FIGURA 20. Análisis de escalas multidimensionales de los patrones espaciales de variación en los promedios de transparencia horizontal del agua a través de la región noreste de Puerto Rico (Hernández-Delgado, bajo revisión).	36
FIGURA 21. Características de las comunidades arrecifales de la RNCLP en comparación con otros arrecifes de la región (Hernández-Delgado, bajo revisión).	37
FIGURA 22. Correlación entre el gradiente de transparencia horizontal del agua y la estructura de la comunidad de los arrecifes de coral de la región noreste de Puerto Rico (Hernández-Delgado, bajo revisión).	38
FIGURA 23. Finca de acuicultura de corales localizada en el Arrecife El Banderote, en la Bahía Tamarindo dentro de la RNCLP, Culebra.	41
FIGURA 24. Finca de acuicultura de corales localizada en el arrecife bordeante de Punta Melones dentro de la RNCLP, Culebra.	42
FIGURA 25. Etapa preliminar del proyecto: ensamblaje de los moldes para la construcción de las plataformas de propagación de corales.	43
FIGURA 26. Proceso de ensamblaje y localización de las plataformas de propagación de corales.	44
FIGURA 27. Proceso de transporte y transplante de corales.	45
FIGURA 28. Proceso de monitoreo de las fincas de siembra de corales.	46

INDICE DE FIGURAS (CONT.)

	Páginas
FIGURA 29. Detalles del crecimiento mostrado por los fragmentos al cabo de 30 días de transplantados.	47
FIGURA 30. Fincas de corales al cabo de 30 a 60 días de crecimiento.	48
FIGURA 31. Fincas de corales al cabo de 90 días de crecimiento.	49
FIGURA 32. Fincas de corales al cabo 1 año de crecimiento, primera cosecha de corales cultivados y expansión de la finca de acuicultura de corales en Bahía Tamarindo.	50
FIGURA 33. Fincas de corales al cabo de 16 meses de crecimiento.	51
FIGURA 34. Vista parcial del interior de una de las plataformas de propagación de corales luego de 16 meses de crecimiento.	52
FIGURA 35. Porciento de sobrevivencia de los corales cuerno de ciervo, <i>Acropora cervicornis</i> , cultivados en Bahía Tamarindo y Punta Melones,	54
FIGURA 36. Efectos de las escorrentías sedimentadas y cargadas de nutrientes en los corales.	55
FIGURA 37. Diseño adaptativo de unidades nuevas para el cultivo de corales establecidas en la finca nueva en Punta Soldado fuera de la RNCLP.	56
FIGURA 38. Porciento de sobrevivencia de los corales cuerno de ciervo, <i>Acropora cervicornis</i> , cultivados en Punta Soldado, Culebra (abril -agosto 2004).	57
FIGURA 39. Proyecto piloto de reconstrucción paisajista del arrecife de coral de Punta Soldado.	58
FIGURA 40. Proyecto piloto de reconstrucción paisajista del arrecife de coral de Punta Soldado.	59
FIGURA 41. Embarcación de 13' de eslora adquirida por la Asociación de Pescadores de la Isla de Culebra específicamente para el desarrollo de los proyectos de investigación aplicada al manejo de los arrecifes de coral.	61
FIGURA 42. Ejemplos de la diversidad de la ictiofauna en la RNCLP.	63

INDICE DE FIGURAS (CONT.)

	Páginas
FIGURA 43. Características de la comunidad de peces arrecifales en Playa Carlos Rosario.	65
FIGURA 44. Abundancia de los grupos funcionales principales de peces arrecifales herbívoros y carnívoros en Playa Carlos Rosario.	66
FIGURA 45. Biomasa de los peces arrecifales en Playa Carlos Rosario.	67
FIGURA 46. Biomasa de los grupos funcionales principales de peces arrecifales herbívoros y carnívoros en Playa Carlos Rosario.	68
FIGURA 47. Tasa de sobrevivencia del mero cabrilla, <i>Epinephelus guttatus</i> , por localidad según estimado usando el modelo Jolly-Dickson con una sobrevivencia constante.	73
FIGURA 48. Abundancia de individuos del mero cabrilla, <i>Epinephelus guttatus</i> , en Playa Carlos Rosario.	74
FIGURA 49. Abundancia de individuos del mero cabrilla, <i>Epinephelus guttatus</i> , en Punta del Viento, Cayo Luis Peña (borde sur de la RNCLP).	75
FIGURA 50. Abundancia de individuos del mero cabrilla, <i>Epinephelus guttatus</i> , en el Cayo Luis Peña-Oeste (estación control fuera de la RNCLP).	76
FIGURA 51. Tallas promedio de los individuos del mero cabrilla, <i>Epinephelus guttatus</i> , en la RNCLP.	78
FIGURA 52. Patrones espaciales de variación en las características de la comunidad de peces en la RNCLP.	80
FIGURA 53. Patrones de variación espacial en la abundancia de los grupos funcionales principales de peces arrecifales herbívoros y carnívoros en la RNCLP.	81
FIGURA 54. Patrones de variación especial en la biomasa de los peces arrecifales en la RNCLP.	82
FIGURA 55. Patrones espaciales en la biomasa de los grupos funcionales principales de peces arrecifales herbívoros y carnívoros en la RNCLP.	83

INDICE DE FIGURAS (CONT.)

	Páginas
FIGURA 56. Comunidades de hierbas marinas de la RNCLP.	86
FIGURA 57. Efectos de los pulsos de escorrentías altamente sedimentadas y cargadas de nutrientes en las comunidades de hierbas marinas de la RNCLP.	87
FIGURA 58. Porciento de cobertura de hierbas en la RNCLP.	89
FIGURA 59. Porciento de cobertura de macroalgas en la RNCLP.	90
FIGURA 60. Densidad de vástagos de <i>Thalassia testudinum</i> .	92
FIGURA 61. Biomasa en pie promedio de las hierbas (g/m ²).	93
FIGURA 62. Biomasa en pie promedio de las macroalgas (g/m ²).	94
FIGURA 63. Índice de Área de Hojas en la hierba de tortuga, <i>Thalassia testudinum</i> .	95
FIGURA 64. Transparencia horizontal del agua.	97
FIGURA 65. Correlación lineal entre la biomasa en pie de la hierba de tortuga, <i>Thalassia testudinum</i> , y la transparencia horizontal del agua.	98
FIGURA 66. Correlación lineal entre el Índice de Área de Hoja en la hierba de tortuga, <i>Thalassia testudinum</i> , y la transparencia horizontal del agua.	99
FIGURA 67. Correlación entre el porciento de cobertura de hierbas, el Índice de Área de Hojas de la hierba de tortuga, <i>Thalassia testudinum</i> , y la transparencia horizontal del agua.	100
FIGURA 68. Correlación entre el porciento de cobertura de algas y la transparencia del agua.	101
FIGURA 69. Correlación entre el porciento de cobertura y biomasa en pie de algas, y la transparencia del agua.	102
FIGURA 70. Densidad del carrucho de ala, <i>Strombus gigas</i> .	104
FIGURA 71. Densidad del carrucho peleador, <i>Strombus pugilis</i> .	105

INDICE DE FIGURAS (CONT.)

	Páginas
FIGURA 72. Fluctuaciones en las densidades poblacionales de carruchos en aguas llanas antes (1998) y después (2002) de la designación de la RNCLP.	106
FIGURA 73. Abundancia del erizo gigante, <i>Diadema antillarum</i> , a nivel de las diversas regiones geográficas de Puerto Rico.	109
FIGURA 74. Abundancia del erizo gigante, <i>Diadema antillarum</i> , en los arrecifes de la Isla de Culebra.	110
FIGURA 75. Fluctuaciones en la densidad de las poblaciones del erizo gigante, <i>Diadema antillarum</i> , dentro de la RNCLP.	112
FIGURA 76. Rótulos localizados justo a la entrada hacia el único camino de acceso hacia la Playa Carlos Rosario en la RNCLP.	114
FIGURA 77. Bomba sin detonar localizada a 6 m de profundidad en el arrecife conocido localmente como “Impact Beach” en la Península Flamenco.	115
FIGURA 78. Vista parcial de un cráter de aproximadamente 25 m de diámetro y unos 5 m de profundidad producido en el arrecife de coral localizado al oeste de la Península Flamenco debido al impacto del bombardeo hace más de tres décadas.	116
FIGURA 79. Contradicciones del manejo en la RNCLP.	117
FIGURA 80. Detalles del cierre del acceso hacia la Playa Carlos Rosario en la RNCLP.	118
FIGURA 81. Deforestación del camino hacia la Playa Carlos Rosario en la RNCLP.	120
FIGURA 82. Deforestación del camino hacia la Playa Carlos Rosario en la RNCLP.	121
FIGURA 83. Escorrentías ilegales proveniente de proyectos de construcción.	122
FIGURA 84. Situación ambiental en el resto de la Isla de Culebra.	124
FIGURA 85. Ejemplos de situaciones ambientales que han contribuido a afectar la confianza de la comunidad en la Isla de Culebra.	125

Resumen

Se documentó el estado de los recursos naturales principales de la Reserva Natural del Canal Luis Peña (RNCLP) y los factores ambientales principales que le afectan directamente. Se observó una tendencia evidente de deterioro en el estado de los arrecifes de coral caracterizada por la pérdida acelerada del porciento de cobertura de tejido vivo en los corales, seguida por un aumento dramático en el porciento de cobertura de algas y de cianobacterias. Se sugiere que dichos cambios reflejan los efectos a largo plazo del aumento en la frecuencia de los pulsos de las escorrentías altamente sedimentadas y cargadas de nutrientes hacia la costa. Estas han aumentado por varios órdenes de magnitud durante los años recientes como consecuencia del patrón de desarrollo fuera de control de la isla municipio. También se documentaron algunos factores a nivel regional que han afectado a los corales. A pesar de dichos efectos, los arrecifes de la RNCLP se mantienen aún en mejor condición ecológica que la mayoría de los arrecifes de coral a nivel regional en la plataforma este de Puerto Rico, lo que sugiere la severidad de la degradación ambiental arrecifal en Puerto Rico. La crianza del coral cuerno de ciervo, *Acropora cervicornis*, especie candidata a la lista federal de especies en peligro de extinción, a través del Programa Comunitario de Acuicultura de Corales de la Asociación de Pescadores de la Isla de Culebra, en colaboración con la Universidad de Puerto Rico-Recinto de Río Piedras, Coralations y otras ONGs, ha resultado muy exitosa como método de manejo, reintroducción de la especie y como mecanismo barato y de baja tecnología para la reconstrucción paisajista de los arrecifes de coral en Culebra.

La degradación ambiental de la calidad del agua también han impactado las comunidades de hierbas marinas de Culebra, aunque principalmente en localidades fuera de la RNCLP. La cobertura, densidad y biomasa de las hierbas marinas se ha visto afectada significativamente por la disminución crónica en la transparencia del agua. El segundo gran efecto documentado en este trabajo es el de la pesca ilegal dentro de la RNCLP. El cumplimiento inicial con la designación del cierre permanente a la pesca y la zona de no captura logró incrementar significativamente la abundancia y biomasa promedio de las poblaciones de peces de muchas especies dentro de la RNCLP. Sin embargo, con el paso del tiempo y la ausencia de un manejo y vigilancia adecuados por parte del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA)

ha ocurrido un aumento significativo en las actividades de pesca ilegal dentro de la RNCLP. Esto se refleja a nivel de grupos funcionales completos de peces (ej. depredadores) que constituyen objetivos de pesca y que no han mostrado recuperación alguna. Evidencia de estudios de marca y recaptura del mero cabrilla, *Epinephelus guttatus*, también indican los efectos inequívocos de la sobrepesca dentro de la RNCLP. Estudios adicionales sobre los cambios en la densidad de las poblaciones de los carruchos (*Strombus* spp.) en aguas llanas antes y después de la designación de la RNCLP también sugieren los efectos de la sobrepesca. Tampoco se observaron diferencias significativas entre la abundancia de carruchos dentro y fuera de la RNCLP. A pesar de la pesca continua dentro de la RNCLP, sus comunidades de peces se encuentran en una condición significativamente mejor que aquellas fuera de la RNCLP, lo que sugiere que la presión de pesca en la Isla de Culebra es una de naturaleza insostenible. Finalmente, se identifican otras actividades como la deforestación de pendientes inclinadas, la destrucción de manglares, la contaminación ambiental y la pérdida de confianza de la comunidad culebrense en el gobierno como factores adversos a la RNCLP. Se recomienda la implantación de un modelo de manejo basado al nivel del ecosistema y que integre en todas sus fases a la comunidad culebrense en la elaboración de un plan de manejo para buscar soluciones concretas a dichos problemas. La situación actual de la RNCLP puede clasificarse como una bajo amenaza y amerita la implantación de medidas preventivas, correctivas, de conservación y de restauración de sus recursos naturales para garantizar su uso y disfrute por parte de las generaciones futuras.

Abstract

The status of the principal natural resources and the principal environmental factors directly affecting the Luis Peña Channel Natural Reserve (LPCNR) were documented. There was an evident coral reef decline characterized by a rapid loss of the percent living coral tissue cover, followed by a dramatic increase in the percent cover of algae and cyanobacteria. It is suggested that these phase shifts reflect the long-term effects of an increasing frequency of highly-sedimented, nutrient-loaded runoff pulses into the the coast. These have recently increased by several orders of magnitude as a result of an uncontrolled pattern of land development of the island-municipality. Also, several factors affecting corals were identified at the regional level. In spite of such effects, coral reefs within the LPCNR still remain in a better ecological condition than the majority of coral reefs at the regional level in the eastern Puerto Rican platform, which suggests the severity of coral reef decline in Puerto Rico. Ferally-listed endangered candidate staghorn coral, *Acropora cervicornis*, has been successfully cultured through the Community-Based Coral Aquaculture Program of the Culebra Island Fishermen Association, in collaboration with the University of Puerto Rico-Río Piedras Campus, Coralations, and other NGOs. This has proven to be a successful method to manage and reintroduce the species, but also a low-cost, low-tech method for seascape-level coral reef reconstruction in Culebra.

Water quality decline has also impacted seagrass communities in Culebra, although mostly outside the LPCNR. Seagrass percent cover, density and biomass have been significantly affected by a chronic decline in water transparency. The second major effect documented through this study were illegal fishing activities within the LPCNR. Initial compliance with the permanent fishing closure and the no-take designation resulted in a significant increase in the mean abundance and biomass of fish populations of many species within the LPCNR. However, due to inadequate management and enforcement by the Department of Natural and Environmental Resources through time, there has been a significant increase in illegal fishing activities within the LPCNR. This is reflected at the level of entire fish functional groups (i.e., predators) that constitute a fishery target and that have failed to show any recovery. Evidence from tag and release studies on the red hind grouper, *Epinephelus guttatus*, also indicate the

unequivocal effects of overfishing within the LPCNR. Additional studies about changes in the density of shallow-water conch populations before and after the LPCNR designation also suggest overfishing effects. No significant differences in conch densities were observed between sites within and outside the LPCNR. In spite of continuous fishing within the LPCNR, fish communities are in significantly better condition than those outside, which suggests that fishing pressure in Culebra Island is non-sustainable. Finally, other activities having adverse effects on the LPCNR were identified, including deforestation of steep slopes, mangrove destruction, environmental pollution and declining community trust in government agencies. An ecosystem-based management model with the full integration of the culebrense community through all phases of the management plan development process is highly recommended in order to find solutions to these problems. The actual situation of the LPCNR can be classified as threatened and require implementing preventive, corrective, conservation and restoration measures to guarantee that its natural resources will be protected for the use and enjoyment of future generations.