

# **Clasificación Rápida del Ambiente Arrecifal para la Evaluación de los Recursos Pesqueros**

M.A. LICEAGA-CORREA<sup>1</sup>, G. V. RÍOS-LARA<sup>2</sup>, C. ZETINA-MOGUEL<sup>2</sup>  
Y H. HERNÁNDEZ-NÚÑEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida  
Instituto Politécnico Nacional  
Apartado Postal 73 Cordemex; 97310  
Mérida, Yucatán, México*

<sup>2</sup>*Centro Regional de Investigación Pesquera-Yucalpetén  
Instituto Nacional de la Pesca  
Apartado Postal 73 C. P. 97320  
Progreso, Yucatán, México*

## **RESUMEN**

En este artículo se propone un método rápido para conocer espectralmente los diferentes ambientes arrecifales en donde se distribuyen los recursos pesqueros. El método se aplica para evaluar la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.

**PALABRAS CLAVE:** Clasificación no supervisada, arrecifes coralinos, evaluación pesquera.

## **Rapid Classification of Reef Environments in the Assessment of Fishery Resources**

### **ABSTRACT**

In this article, a rapid method to spectally determine coral reefs environments and their associated fisheries resources is described. This method was applied in the assessment of the spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery in the Arrecife Alacranes National Park.

**KEY WORDS :** Unsupervised classification, coral reef, fishery assessment

### **INTRODUCCIÓN**

Algunos métodos indirectos para evaluar recursos pesqueros, relacionan la abundancia y distribución de estos recursos a las medidas de parámetros ambientales (temperatura, salinidad, etc.). Existe una abundante literatura relacionada con la influencia que algunos factores ambientales tienen sobre los peces y se ha visto que estos organismos acuáticos responden al ambiente en su conjunto por lo que es difícil atribuir su distribución espacial a un solo factor (Butler, 1989; Colwell, 1983).

El uso de la percepción remota en pesquerías marinas, ha sido ampliamente

discutida (por ejemplo, UN/FAO, 1989) ; la aplicación de esta tecnología en la evaluación indirecta de recursos pesqueros mide, a partir del análisis multiespectral de imágenes, algunos parámetros ambientales (Green *et al.*, 1996; Butler, 1989).

En arrecifes de coral poco profundos, la información radiométrica contenida en la imagen de satélite es el resultado de una mezcla de radiación electromagnética proveniente de la atmósfera, la superficie del mar, la columna de agua, los sólidos en suspensión y los fondos marinos (sustrato arrecifal y organismos bentónicos). En este trabajo se explora el uso de la clasificación espectral **no supervisada** de una imagen para **separar condiciones ambientales y no factores** en la evaluación de recursos pesqueros del arrecife Alacranes.

### ÁREA DE ESTUDIO

El arrecife Alacranes se encuentra sobre el Banco de Campeche en el Golfo de México. Se ubica entre los 22 21 y 22 36 de latitud Norte y los 89 36 y 89 48 longitud Oeste (Figura 1) con superficie aproximada de 300 km<sup>2</sup>, es un arrecife de origen coralino que se divide morfológicamente en: a) arrecife de barlovento; b) arrecife de sotavento; c) laguna arrecifal; y d) islas: Pérez, Chica, Pájaros, Desertora (Muertos) y Desterrada. Las profundidades dentro del arrecife pueden alcanzar hasta 25 m [Bonet, 1967]. Este arrecife es un ecosistema de alta productividad que por su tamaño presenta una gran variedad de microhabitats que favorecen la alta diversidad de peces [Canela, 1992]. La pesquería de langosta es quizá la más importante desde el punto de vista económico ya que aporta más del 15% de la producción del estado de Yucatán [Ríos *et al.*, 1996].

### MATERIALES Y MÉTODOS

Con el programa TNT-mips, se hizo la referencia geográfica, el análisis visual y la clasificación no supervisada de la imagen Landsat-TM del 13 de marzo de 1986. Con el algoritmo K-Means se clasificó la imagen en 15 clases espectrales usando las bandas del visible e infrarojo cercano; del azul al infrarojo cercano, las longitudes de onda en el agua se van atenuando, en el rojo la luz se atenúa más rápidamente que en el azul y menos que en el infrarojo cercano [Green *et al.*, 1996; Chuvieco, 1990].

Para estimar días antes del inicio de la temporada de pesca (mes de julio), la abundancia y distribución de la langosta en el arrecife Alacranes, se visitaron en el mes de junio de 1997, 45 puntos o estaciones sistemáticamente distribuidas en todo el arrecife, las cuales se identificaron en la imagen y fueron localizadas con GPS. En cada estación se hicieron recorridos, mediante buceo libre y con equipos de aire comprimido, de 5 a 30 minutos, dependiendo de las condiciones ambientales (profundidad y visibilidad). Los datos registrados en cada estación son : número de langostas, distancia recorrida (medida con GPS) y una

estimación de la amplitud de la franja revisada.



Figura 1. Ubicación geográfica del Arrecife Alacranes, Yucatán, México

Sobre la imagen clasificada se colocó una máscara de presencia-ausencia de la langosta y se identificaron las clases en donde la langosta estuvo presente. Se calcularon entonces las áreas de cada clase y la densidad de la langosta por clase espectral y en todo el arrecife. Para estimar la densidad de langosta, se tomó en cuenta que el tamaño de las áreas revisadas fue diferente y se utilizaron estimadores de la densidad promedio y total poblacional por clase espectral basados en un esquema de muestreo por cuadrantes, la estimación del número de organismos en todo el arrecife se hizo considerando las clases espectrales como estratos [Zetina *et al.*, 1997 ; Thompson, 1992 ; Krebs, 1989 ; Seber, 1989].

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

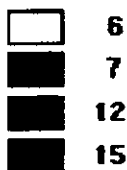
En la Tabla 1 se muestra el número de veces que una clase fue visitada en campo y el porcentaje de presencia del recurso. Las clases 1,2, 4, 9 y 14 forman parte de la imagen pero no del área de estudio. Las clases 6, 7 y 12 fueron las más visitadas, pero se registró menos presencia del recurso en la clase 7, en las clases 3, 10 y 11 no se registró presencia. En la Tabla 2 se muestra el número de langostas calculadas por clase espectral, los resultados sugieren una mayor cantidad del recurso en la clase 12 y menos en la 8. La clase espectral 12, abarca

la mayor área en donde ocurrieron las langostas y también presenta la mayor densidad de organismos, la clase 6 presentó una densidad de langostas que se puede considerar alta, sin embargo el área que ocupa en el arrecife es más pequeña. Se tiene entonces que antes de la temporada de pesca, en el arrecife Alacranes se contaba con una población de 360,662 langostas (*Panulirus argus*). En la Figura 2 se muestra la distribución espacial de las clases 6, 7, 12 y 15, donde se encuentra el 95.33% del recurso.

**Tabla 1.** Número de visitas y porcentaje de presencia en cada clase espectral durante el registro de langosta

| Número de la clase | 3 | 6  | 7  | 8  | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
|--------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Número de visitas  | 3 | 6  | 13 | 4  | 2  | 1  | 11 | 3  | 3  |
| % de presencia     | 0 | 83 | 46 | 25 | 0  | 0  | 73 | 67 | 67 |

**Clases espectrales**



**Figura 2.** Áreas de distribución de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Arrecife Alacranes

**Tabla 2.** Area, Densidad, Abundancia (No. de organismos) y porcentaje de área en relación al área con presencia de langostas de cada clase espectral.

| Clase espectral | Area (ha.)     | No. Org./ha | No. Org.        | % Area | % Abundancia | % de Abundancia Acumulada |
|-----------------|----------------|-------------|-----------------|--------|--------------|---------------------------|
| 1 2             | 9038.2         | 18.42       | 166482.9        | 31.51  | 46.16        | 46.15                     |
| 7               | 6934.3         | 14.15       | 98120.6         | 24.18  | 27.21        | 73.36                     |
| 1 5             | 5602.8         | 7.61        | 42637.1         | 19.53  | 11.82        | 85.18                     |
| 6               | 3188.3         | 11.48       | 36602.1         | 11.12  | 10.15        | 95.33                     |
| 1 3             | 2581.6         | 5.06        | 13063.1         | 9.00   | 3.62         | 98.96                     |
| 8               | 1336.5         | 2.81        | 3755.6          | 4.66   | 1.04         | 100.00                    |
| <b>Total</b>    | <b>28681.7</b> |             | <b>360661.5</b> |        |              |                           |

### CONCLUSIONES

Los programas para el análisis de imágenes multiespectrales, cuentan con algoritmos sofisticados de clasificación no supervisada, que nos permiten espectralmente conocer un sistema. En cualquier proyecto de análisis de imágenes esta clasificación forma parte del procesamiento de la imagen pero casi nunca (por no decir nunca) es el producto final. En el caso de la evaluación de pesquerías, el recurso se mueve en un ambiente difícil de integrar con un método supervisado, el cual espectralmente se logra con la clasificación no supervisada, la supervisión se turna ahora a los métodos de clasificación no supervisada; cual método usar ? y con cuantas clases se clasifica el área de estudio? La precisión de los resultados depende entonces del método de clasificación de la imagen, el muestreo de campo y el cálculo de la densidad de organismos por clase espectral.

Los resultados de este trabajo tienen aplicaciones importantes para la evaluación y el estudio de la distribución de los recursos en el arrecife Alacranes como son usar las clases espectrales para mejorar el protocolo de muestreo y, por esa vía, las estimaciones de densidad y abundancia; esto disminuye costos y esfuerzo en el campo. Por otra parte nos permite identificar de una manera más precisa las áreas de distribución más importantes, ya sea por la cantidad de recurso (mayor área o mayor densidad) o por la concentración en áreas más localizadas (número de organismos por unidad de área) y que puede reflejar una mayor calidad del habitat.

### AGRADECIMIENTOS

Este artículo no hubiera sido posible sin el apoyo financiero del Sistema Regional de Investigación Justo Sierra del Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología y del apoyo logístico proporcionado por a) Secretaría de Marina de la Armada de México y b) Señalamiento Marítimo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Agradecemos los apoyos económicos y de comunicación brindados por las Federaciones de Sociedades Cooperativas del Estado de Yucatán y a Keneth Cervera y David de Anda cuya participación en los trabajos de campo fue determinante.

LITERATURA CITADA

- Bonet, F. 1967. *Biogeología subsuperficial del arrecife Alacranes, Yucatán*. Instituto de Geología. Universidad Autónoma de México. 192 p.
- Butler, M. J. A. 1989. Remote sensing for coastal and intertidal fisheries resource management. Pages 189-206 in: UN/FAO. *Report of the twelfth international training course on the contribution of remote sensing to marine fisheries*. RSC series 49. FAO, Rome.
- Canela, R. J. 1992. Conocimiento y uso de los recursos del Arrecife Alacranes por pescadores de la zona maya de la península de Yucatán. *Reporte del proyecto de sostenibilidad maya*, núm. 4. Universidad de California-Riverside y Fundación MacArthur.
- Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp, Madrid.
- Colwell, R. N. 1983. *Manual of remote sensing*. American Society of Photogrammetry, The Sheridan Press.
- Green, E. P., P. J. Mumby, A. J. Edwards and C. D. Clark. 1996. A review of remote sensing for the assessment management of tropical coastal resources. *Coastal Management* 24:1 - 40.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. USA.
- Ríos, L. G. V. , C. Zetina M. y K. Cervera C. 1996. Análisis del esfuerzo en la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán, México. En prensa. Revista *Oceanides*. CICIMAR.
- UN/FAO. 1989. *International Training Course on the contribution of remote sensing to marine fisheries*. RSC series 49. FAO, Rome. 335 p.
- Seber, G.A.F. 1989. *The estimation of animal abundance and related parameters*. Edward Arnold Publishers. United Kingdom.
- Thompson S.K. 1992. *Sampling*. John Wiley & Sons. USA.
- Zetina, M. C., D. De Anda., K. Cervera y G. V. Ríos. 1997. Evaluación de las poblaciones de langosta (*Panulirus argus*), caracol rosado (*Strombus gigas*) y mero (*Epinephelus morio*) en el Arrecife Alacranes. *Informe de Investigación*. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Yucalpetén. INP. SEMARNAP. 18 p.