

Biogeografía de la malacofauna continental (Mollusca: Gastropoda) del Pacífico de Nicaragua.

A. Mijail Pérez (Universidad Centroamericana, Centro de Malacología, Apartado 90, e-mail: ampp@ns.uca.edu.ni, Fax: 505- 267 0206, Tel. 267 0353, ext. 244)

Key words: Biogeography, continental snails, Pacific slope, Nicaragua.

INTRODUCCIÓN

Según LISICKY (1990) el primer paso en la interpretación de las variaciones faunísticas dentro de un territorio consiste en la caracterización de las diferentes áreas sobre la base de los mapas de distribución de las especies. El segundo paso es determinar que factores influyen en las diferencias observadas entre las áreas.

Según PUENTE ET AL (1998), la caracterización de áreas malacogeográficas en relación con los patrones de distribución de las especies ha comenzado a ser abordada recientemente, y en la Península Ibérica ha estado limitado a regiones pequeñas o de tamaño mediano.

De acuerdo a nuestros datos, en Centroamerica no existen hasta el presente estudios de este tipo y, en Nicaragua, la única caracterización malacogeográfica realizada es la de PÉREZ & LÓPEZ (1998), la cual es de carácter preliminar y comprende datos bibliográficos o datos de inventarios puntuales realizados por los autores en algunas localidades de Nicaragua.

El objetivo del presente trabajo es acometer la sectorización malacogeográfica de la región del Pacífico de Nicaragua basada en el análisis numérico de las distribuciones de los moluscos gasterópodos continentales presentes en el área.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio: Nicaragua, con una superficie total aproximada de 128.000 km², es la República de mayor extensión en América Central. Está situada entre las coordenadas geográficas 10°45' y 15°05' de latitud norte y 83°15' y 87°40' de longitud oeste: limita al norte con Honduras, al este con el Océano Atlántico (Mar Caribe), al sur con Costa Rica y al oeste con el Océano Pacífico (Fig. 1). La superficie terrestre es de 118.358 km², dividida en tres zonas geográficas principales:

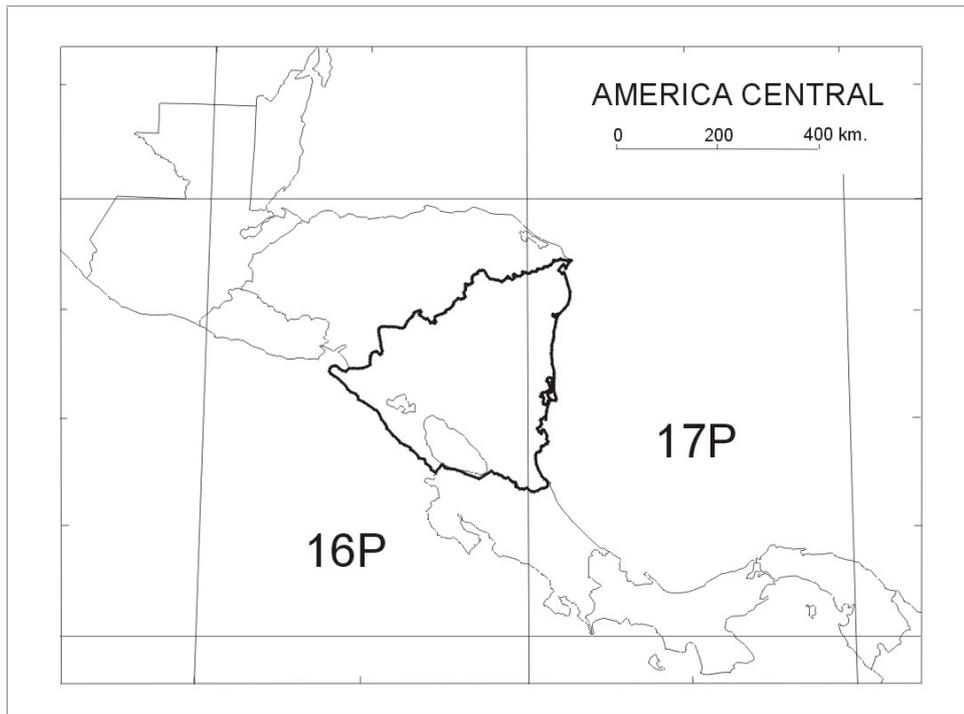


Fig. 1.- Nicaragua en América Central, en notación UTM de 1.000 km².

1. La zona del Pacífico (38.700 km²).
2. El triángulo montañoso de las tierras altas del interior o región central-norte (42.400 km²).
3. La planicie costera del Atlántico, que consiste en una ancha faja de planicies onduladas que bordean la costa Atlántica (46.600 km²).

Además, Nicaragua tiene dos lagos excepcionalmente grandes: el lago de Managua (1.040 km²) y el lago de Nicaragua (8.200 km²), que constituyen el 7.6 % del territorio nacional.

Dentro de este contexto, la región del Pacífico (Fig. 2) tiene un área aproximada de 38.700 km², pero descontando el área ocupada por los lagos queda en 29.460 km².

Muestreos: En la región del Pacífico se presentan 316 cuadrículas UTM de 10 x 10 km, de las cuales 239 son cuadrículas completas y 77 cuadrículas fragmentadas. Por tanto, se dispuso de 316 cuadrículas muestrables, muestreándose finalmente en 221. En algunas de las cuadrículas enteras no se muestreó debido a la inexistencia de caminos, a que los ecosistemas que se presentan son estuarios o la existencia de minas antipersonales que aun quedan desde la última guerra en que estuvo sumido el país.

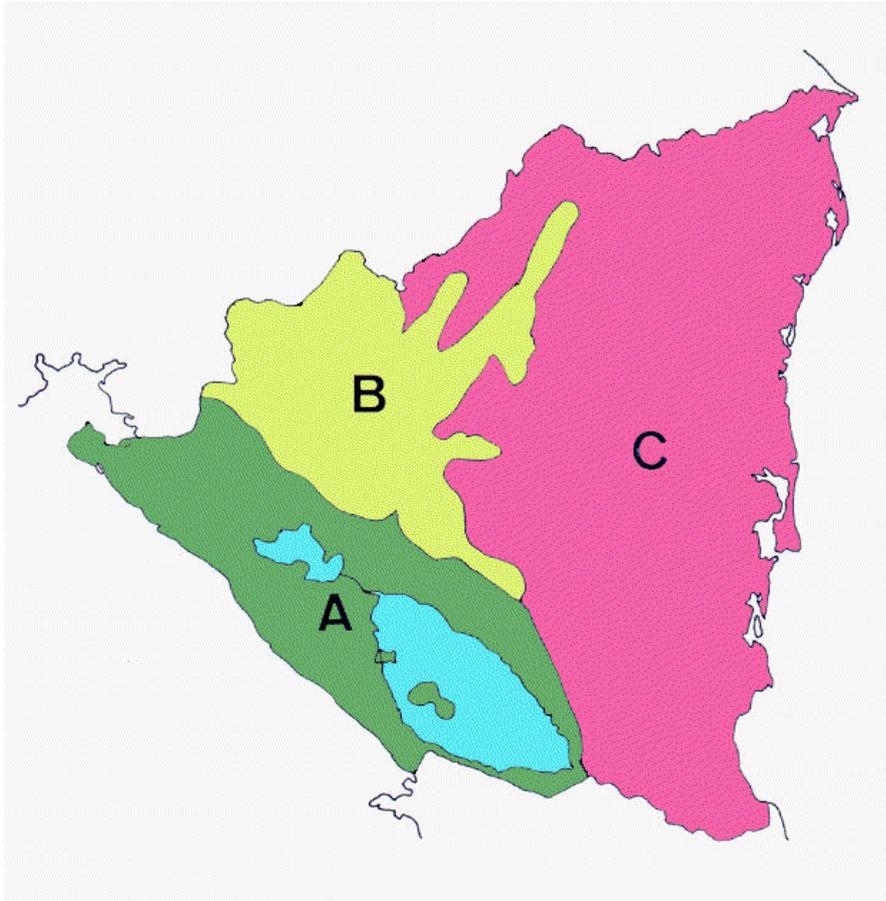


Fig. 2.- El Pacífico de Nicaragua según OVIEDO (1993) e INCER (1973) (A); B: Región Centro Norte, C: Región Atlántica.

Análisis de la diversidad: Para la estimación de la diversidad alfa de Magurran (1987) se trabajó con cuadrículas de 20 x 20 km producto de la fusión de 4 cuadrículas de 10 x 10 para evitar el trabajo con algunas cuadrículas en las que se presenta muy bajo número de especies (Fig. 3). Para realizar esta fusión se han tomado las cuatro cuadrículas más próximas partiendo del extremo occidental del área de estudio y eligiendo siempre de oeste a este y de norte a sur

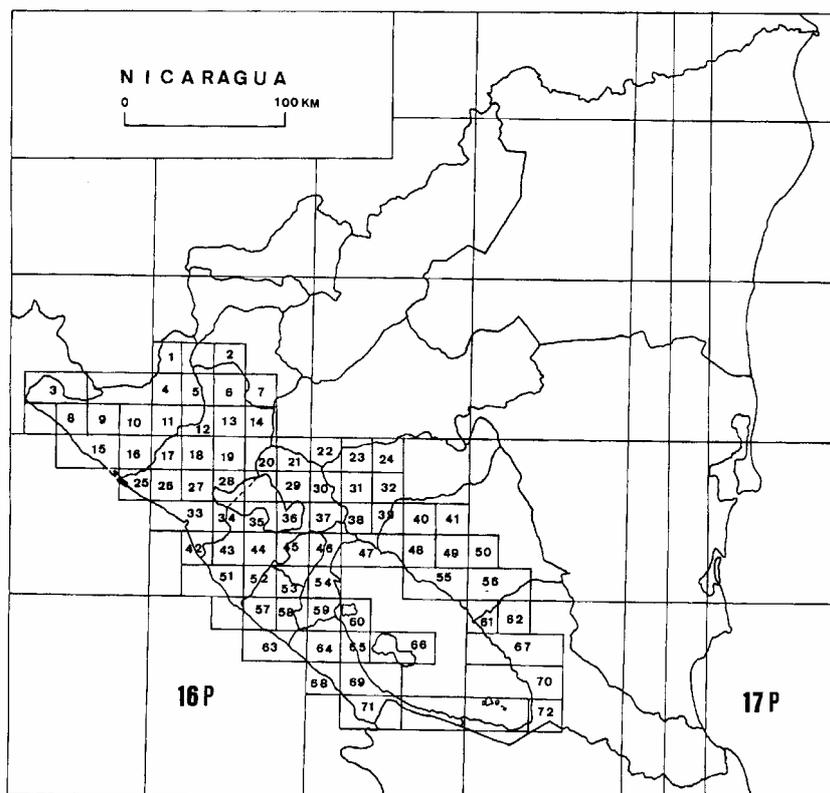


Fig. 3.- Cuadrículas consideradas para el análisis zoogeográfico (diversidad).

A partir de los mapas de distribución de las especies, se ha efectuado un análisis de semejanza entre las diferentes zonas atendiendo a la presencia o ausencia de las distintas especies en las mismas. Para el análisis se ha dividido la zona de estudio en 20 cuadrículas de aproximadamente 40 x 40 km.

Para realizar esta nueva fusión se han seguido los criterios antes explicados. Este sistema se ha seguido con vistas a evitar la formación de agrupaciones poco coherentes, producto a la escasa cantidad de especies presentes en algunas cuadrículas.

La nueva matriz obtenida comprende 20 cuadrículas (columnas), y 57 especies (filas) (Fig. 4), (ANEXO 4); por razones metodológicas las especies de agua dulce no se han tenido en cuenta para la realización de este análisis.

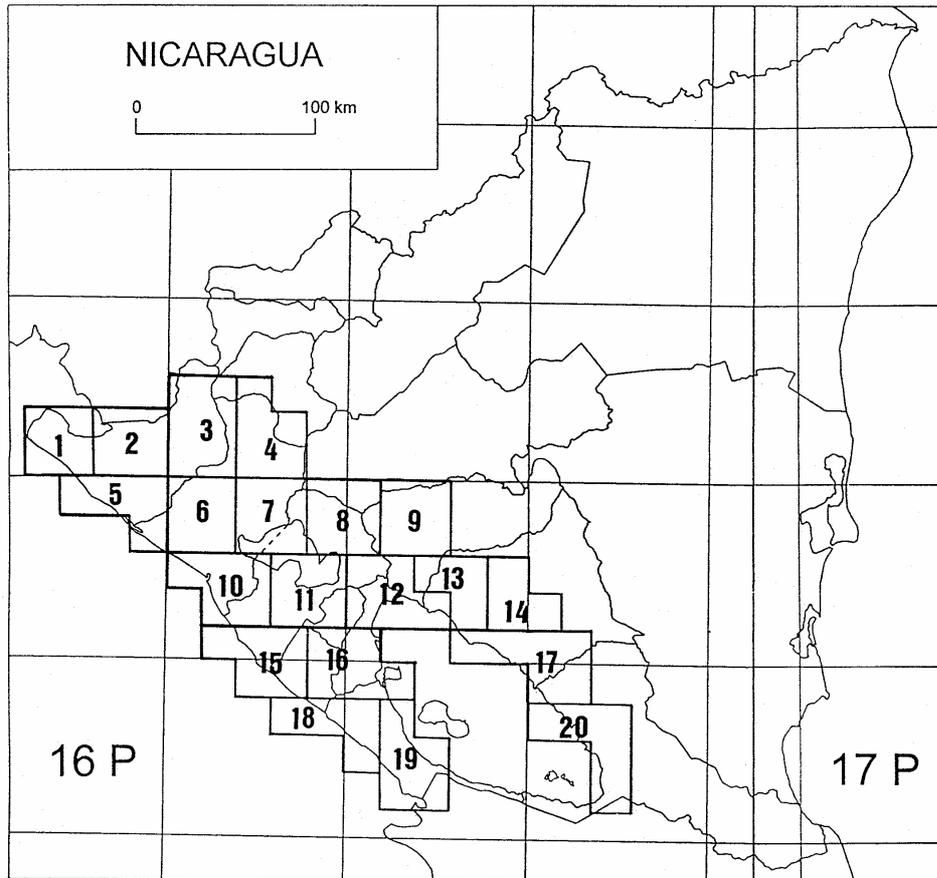


Fig. 4.- Cuadrículas consideradas para el análisis zoogeográfico (afinidad).

Para el análisis de la afinidad se ha empleado el coeficiente de semejanza faunística de JACCARD (1901), siguiendo a PRIETO (1986), PRIETO & SEVILLANO (1994), PRIETO *et al.* (1981), PUENTE & PRIETO (1991, 1992) PUENTE *et al.* (1998) y MARTÍNEZ-ORTÍ (1999). Se trata de un índice binario en el que se señala la presencia (1) o ausencia (0) de las diversas especies en cada una de las unidades geográficas diferenciadas (BOESCH, 1977; HUBALEK, 1982). La expresión matemática es la siguiente:

$$C_j = A / (A+B+C), \quad \text{donde:}$$

A: cantidad de especies comunes a las cuadrículas 1 y 2.

B: cantidad de especies presentes en la cuadrícula 1 y ausentes en la cuadrícula 2.

C: cantidad de especies presentes en la cuadrícula 2 y ausentes en la cuadrícula 1.

Para la obtención del dendrograma de afinidad se ha empleado el programa NTSYS-pc, ver. 1.8 (ROHLF, 1992) y se han seguido las estrategias aglomerativas flexible y upgma, según lo recomendado por CRISCI & LÓPEZ (1983) y REYMENT *et al.* (1984) entre otros autores, de cara a contrastar los resultados obtenidos empleando dos o tres estrategias aglomerativas con la misma matriz de datos. Para la exposición de los resultados se ha utilizado solo el dendrograma obtenido según la estrategia upgma por ser la más recomendada en la bibliografía (vid. CAIN & HARRISON, 1958; SOKAL & ROHLF,

1962; CRISCI & LÓPEZ, 1983; HERRERA *et al.* 1987), la más empleada en trabajos de este tipo y por arrojar un valor más alto de correlación cofenética.

Previamente al cálculo de la afinidad biogeográfica, se han eliminado las especies presentes en una cuadrícula o dos cuadrículas contiguas, siguiendo a los autores antes citados y las sugerencias de PRIETO (com. pers) y PUENTE (com. pers).

Como complemento del dendrograma de afinidad, y siguiendo a SOKAL & ROHLF (1962) y PRIETO & SEVILLANO (1994), se ha elaborado el diagrama de mínima expansión (mínimum spanning tree), que es la conexión de todos los elementos (cuadrículas) por la línea que representa la máxima similaridad existente entre ellos. Según estos autores, aunque exigiría una representación tridimensional, la ubicación de los elementos analizados en sus coordenadas geográficas permite representar en dos dimensiones las conexiones de máxima similaridad omitiendo la magnitud de las mismas; el diagrama facilita un análisis más preciso del dendrograma y la identificación de distorsiones locales (p. ej., cuadrículas no agrupadas pero con elevada similaridad entre ellas, etc).

RESULTADOS

Consideraciones generales.-

Según MARTENS (1890-1901), la posición geográfica de Nicaragua induce al razonamiento de que su fauna de moluscos debiera estar relacionada con la de la provincia mexicana por una parte, y con la de la provincia colombiana por otra. No obstante, este planteamiento debe ser matizado a la vista del elevado número de especies citadas o identificadas como nuevas en Nicaragua y/o en países vecinos de América Central a lo largo del presente siglo. Las especies encontradas en el área pueden ser agrupadas en las siguientes categorías biogeográficas:

1. Especies endémicas (15): *Neocyclotus dysoni nicaraguense*, *Aplexa nicaraguana*, *Biomphalaria* sp., *Helisoma nicaraguanus*, *Strobilops* sp., *Gastrocopta gularis*, *Beckianum sinistrum*, *Beckianum* sp., *Leptinaria* sp., *Pseudopeas* sp., *Euglandina obtusa*, *Spiraxis* sp., *Glyphyalinia* sp., *Radiodiscus* sp., *Miradiscops opal*.

2. Especies centroamericanas (26): *Helicina rostrata*, *Pomacea flagellata*, *Pachychilus largillierti*, *Pachychilus oerstedii*, “*Physa*” *squalida*, *Succinea guatemalensis*, *Succinea recisa*, *Ceciloides consobrinus*, *Leptinaria guatemalensis*, *Leptinaria interstriata*, *Euglandina cumingii*, *Pittieria underwoodi*, *Salasiella guatemalensis*, *Euconulus pittieri*, *Habroconus championi*, *Habroconus trochulinus*, *Thysanophora caecoides*, *Thysanophora costarricensis*, *Bulimulus corneus*, *Drymaeus alternans*, *Drymaeus discrepans*, *Drymaeus translucens*, *Orthalicus princeps*, *Miradiscops panamensis*, *Drepanostomella pinchoti*, *Punctum burringtoni*.

3. Especies méxico-norteamericanas (13): *Hebetancylus excentricus*, *Gastrocopta pentodon*, *Vertigo milium*, *Leptinaria tamaulipensis*, *Salasiella hinkleyi*, *Salasiella perpusilla*, *Glyphyalinia indentata*, *Striatura meridionalis*, *Praticolella griseola*, *Thysanophora hornii*, *Orthalicus melanochilus*, *Chanomphalus pilsbryi*, *Radiodiscus millecostatus*.

4. Especies suramericanas (9): *Neritina latissima*, *Lucidella lirata*, *Bothriopupa conoidea*, *Bothriopupa tenuicensis*, *Gastrocopta geminidens*, *Trichodiscina coactiliata*, *Thysanophora crinita*, *Drymaeus multilineatus*, *Orthalicus ferussaci*.

5. Especies antillanas (9): *Biomphalaria havanensis*, *Helisoma caribaeum*, *Gastrocopta servilis*, *Gastrocopta pellucida*, *Pupisoma minus*, *Cecilioides gundlachi*, *Leptinaria insignis*, *Leptinaria lamellata*, *Diplosolenodes occidentalis*.

6. Especies de amplia distribución (17): *Pyrgophorus coronatus*, *Melanoides tuberculata*, *Pupisoma dioscoricola*, *Sterkia antillensis*, *Beckianum beckianum*, *Lamellaxis gracilis*, *Lamellaxis micra*, *Opeas pumilum*, *Subulina octona*, *Huttonella bicolor*, *Deroceras laeve*, *Guppya gundlachi*, *Habroconus selenkai*, *Hawaiiia minuscula*, *Drymaeus dominicus*, *Leidyula floridana*, *Thysanophora plagiopycha*.

De lo anteriormente expuesto se puede constatar que, tal y como planteó MARTENS (1890-1901), en la malacofauna del área de estudio, existe un importante componente del norte (13 especies, 14.60 %) así como del sur (9 especies, 10.11 %); sin embargo, también aparece un elevado número de especies endémicas (15 especies, 16.85 %) y de especies centroamericanas (26, 29.21 %), lo que enfatiza el componente local. Por otra parte, hay un elevado componente antillano (9 especies, 10.11 %), así como de especies de amplia distribución en América e incluso mundial (17 especies, 19.10 %).

Diversidad.-

El número de especies por cuadrícula (diversidad alfa de MAGURRAN, 1987) osciló entre 5 (cuadrícula 42) y 41 (cuadrícula 31) (Fig. 5), con una media de 19.61 especies por cuadrícula. Los valores más altos de diversidad alfa ($\alpha > 30$) corresponden a las cuadrículas 4 (al norte del departamento de Chinandega), 35, 44 y 45 (zona central del departamento de Managua), 23 y 31 (zona sur del departamento de Matagalpa). Todas constituyen zonas en general poco antropizadas; las cuadrículas 4, 23 y 31 incluyen localidades periféricas con bosques primarios y las tres cuadrículas dentro del departamento de Managua corresponden, a zonas de acceso restringido (cuadrícula 35), a cafetales bajo sombra (cuadrícula 44) y a un bosque primario relictivo asociado con una laguna volcánica de difícil acceso y, por consiguiente, bastante conservada (cuadrícula 45).

Esta diversidad parece alta a pesar de que la malacofauna de Nicaragua fue considerada “pobre” por FISCHER & CROSSE (1870-1902) y posteriormente por MARTENS (1890-1901). Más recientemente, JACOBSON (1968) enfatizó este aspecto señalando que la malacofauna de toda Nicaragua estaba compuesta por unos 70 táxones entre especies y subespecies.

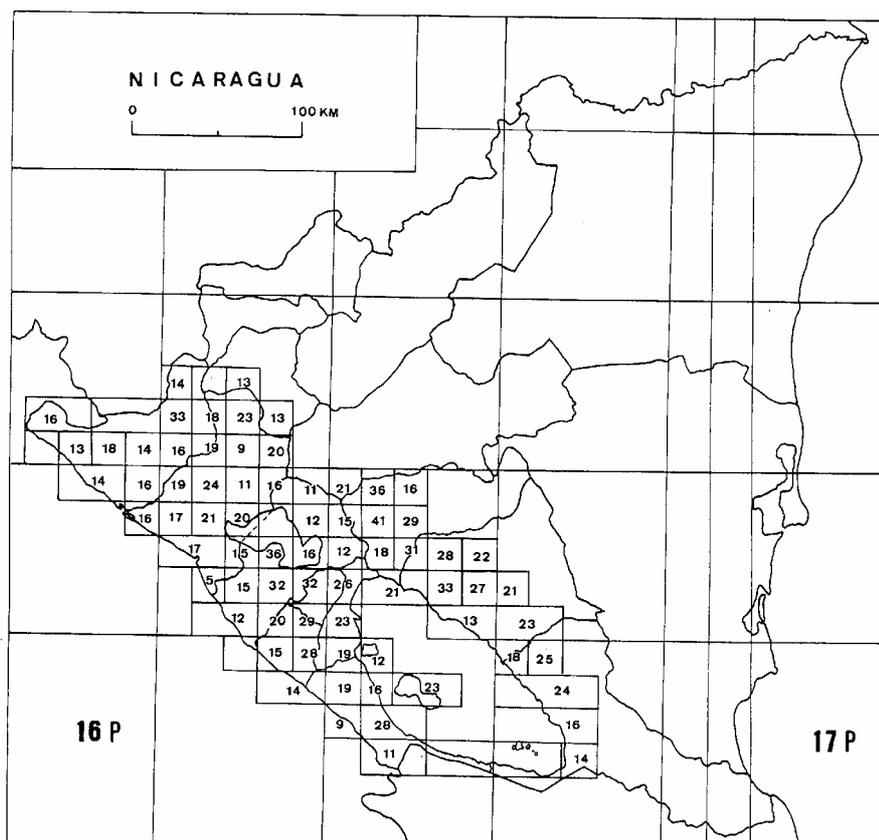


Fig. 5.- Número de especies por cuadrícula (Diversidad Alfa).

En este sentido, cabe mencionar que PÉREZ & LÓPEZ (1993a) plantearon que uno de los motivos posibles para la subestimación reiterada de la diversidad en la malacofauna nicaragüense pudo haber sido el elevado número de especies de micromoluscos existentes en el país y pasados por alto hasta el presente debido a la inexistencia de un estudio de esta fauna.

Análisis de afinidad biogeográfica.-

El dendrograma obtenido al calcular el índice de JACCARD (Fig. 6) ofrece una lectura que, en principio, permite reforzar la idea de homogeneidad biogeográfica de la zona de estudio, ya que los agrupamientos se forman a un alto nivel de afinidad. No obstante, es posible observar la formación de tres agrupamientos: el primero formado por las cuadrículas 2, 5 y 18; el segundo formado por las cuadrículas 3, 12, 9, 11, 13, 16 y 19, y el tercero formado por las cuadrículas 14, 20, 17, 4, 10, 6, 8 y 7. Dentro de este último agrupamiento se distinguen dos subgrupos, uno formado por las cuadrículas 14, 20 y 17 y el otro formado por las cuadrículas 4, 10, 6, 8 y 7. Las cuadrículas 1 y 15 quedan excluidas de los agrupamientos anteriores.

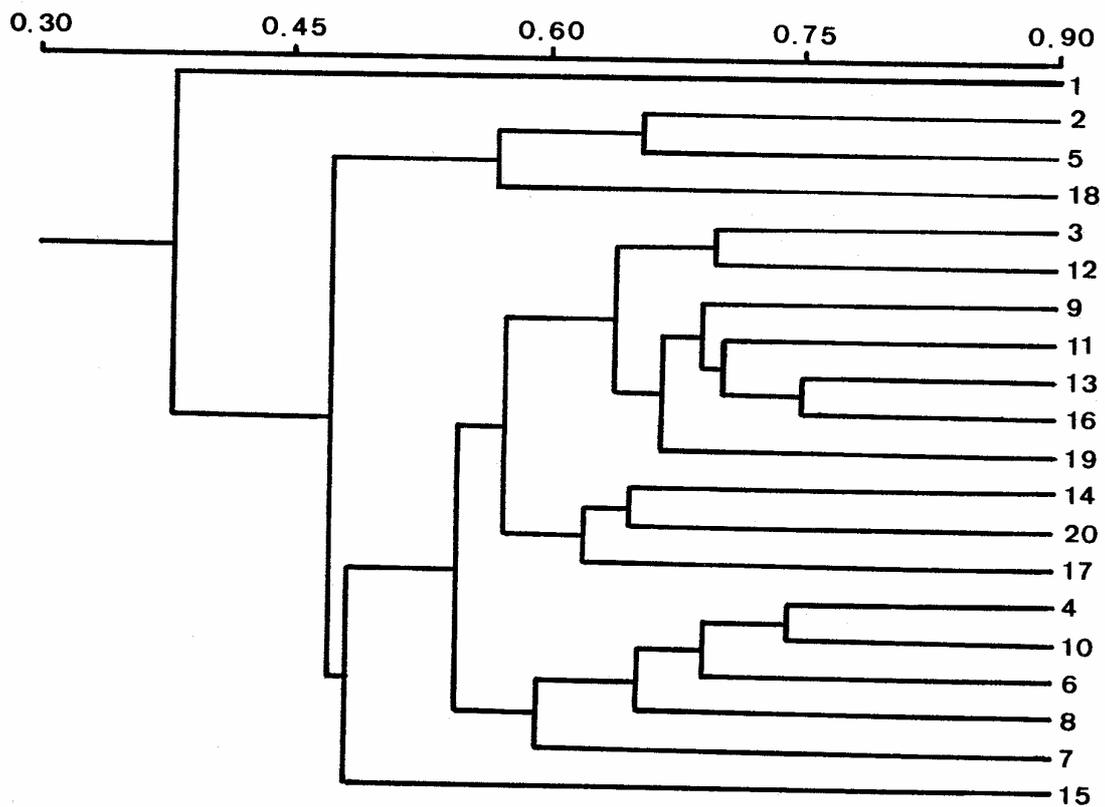


Fig. 6.- Dendrograma que muestra la relación entre las cuadrículas usadas para el análisis. Los números corresponden a las cuadrículas (vid. Fig. 4).

Analizando los resultados obtenidos mediante el diagrama de mínima expansión (mínimum spanning tree), se puede notar que también se forman tres agrupamientos (Figs. 7 y 8), pero en ellos tiene lugar un reajuste de las afinidades entre las cuadrículas. En este caso, el primer grupo está formado por las cuadrículas 1, 2 y 5, con lo cual, la cuadrícula 1, que antes quedaba excluida de todos los grupos, queda comprendida en un grupo, al que hemos denominado sector A u occidental, y que es coherente biogeográficamente. La cuadrícula 18, que antes quedaba comprendida dentro de este primer grupo, se ve ahora excluida del mismo, lo que es comprensible si se tiene en cuenta su relativa lejanía.

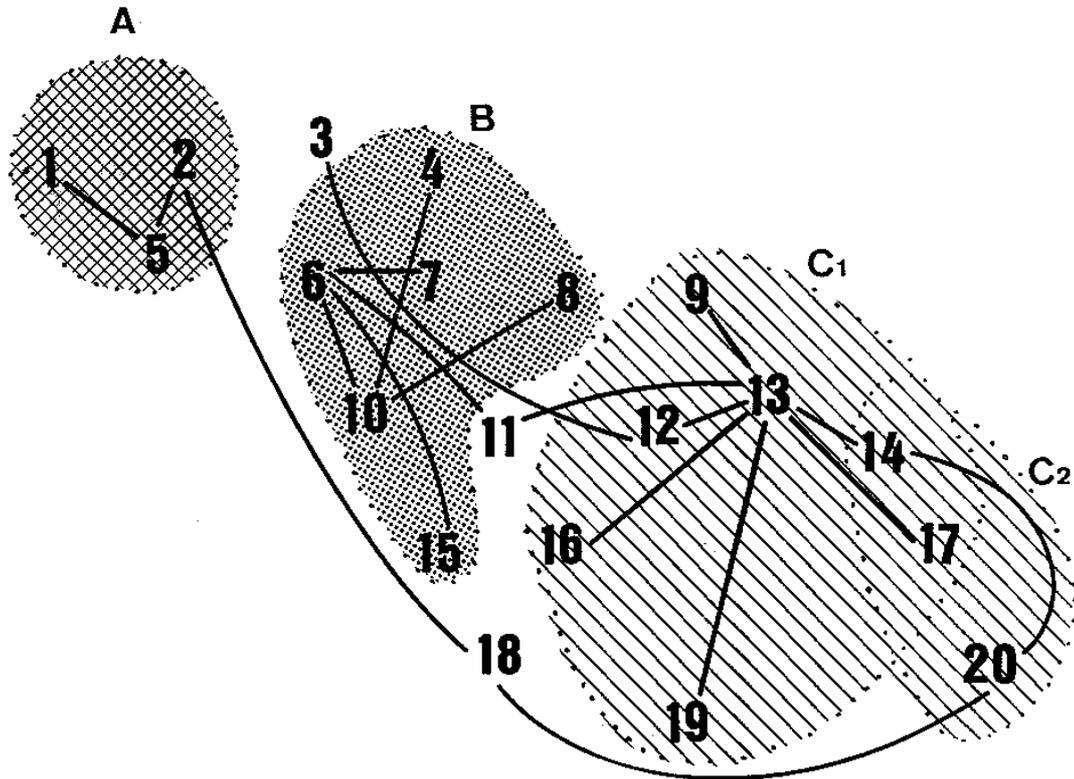


Fig. 7.- Diagrama de mínima expansión mostrando la sectorización malacogeográfica obtenida: A, Sector Occidental; B, Sector Centro-Norte; C, Sector Sur.

El segundo grupo, que hemos denominado sector B o sector centro-norte, está compuesto por las cuadrículas 4, 10, 6, 8, 7 y 15, lo que coincide con lo obtenido por el dendrograma, pero además incluye a la cuadrícula 15, que antes quedaba excluida de los tres agrupamientos. Este agrupamiento, analizado en el marco de la disposición espacial de las cuadrículas en el área de estudio, también se encuentra dentro de lo esperable.

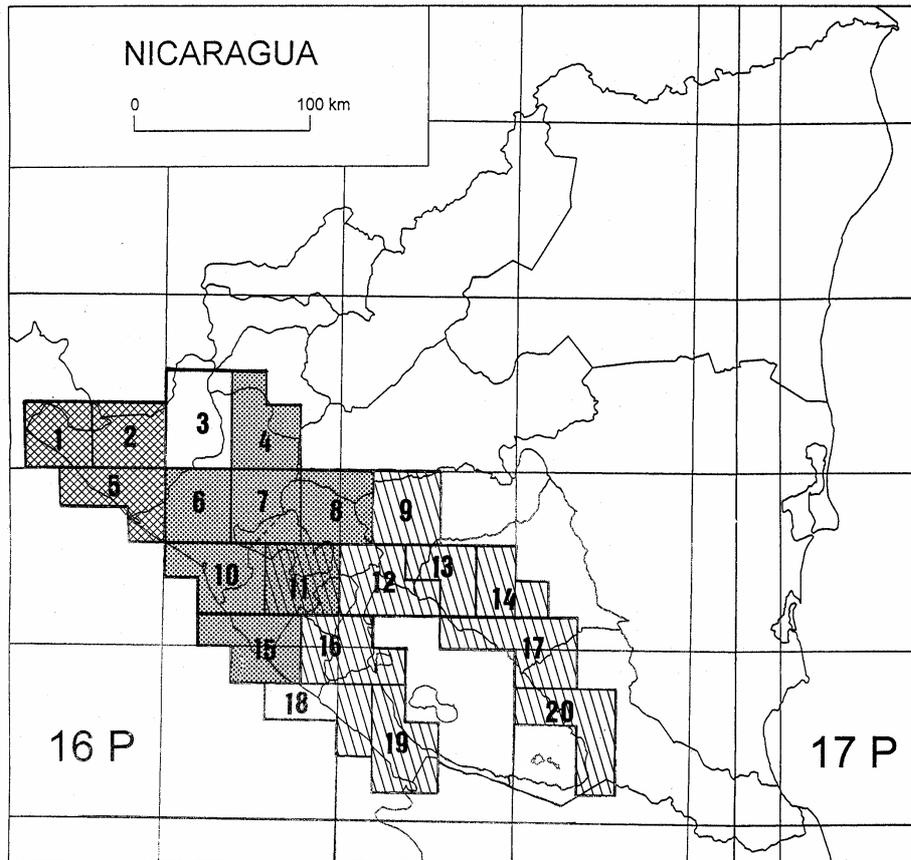


Fig. 8.- Mapa síntesis de la sectorización obtenida.

El agrupamiento de mayor cobertura geográfica es el que conforman las cuadrículas 9, 13, 16, 19, 12, 14, 17 y 20, que ha sido denominado sector C o sur. Dentro de este sector se observan dos subsectores, C₁ o sur-occidental y C₂ o sur-oriental, que ya se observaban en el dendrograma. El primero de estos agrupamientos está compuesto por las cuadrículas 9, 12, 13, 16 y 19, y el segundo por las cuadrículas 14, 17 y 20.

Un aspecto interesante se puede destacar en este último agrupamiento, la parcial exclusión de la cuadrícula 11, que ahora podría formar parte de los sectores B y C al unísono, por lo que se puede interpretar que la misma constituye una zona de transición entre ambos grupos.

El sector A se caracteriza por su relativa pobreza de especies en comparación con los otros sectores (Riqueza de especies entre 20 y 23; B, 23-25; C, 27-41). Este sector constituye en alguna medida una "isla" dentro del área de estudio, ya que se encuentra al extremo oeste de la misma, en la península que se forma entre la punta Aposentillo al sur y el Estero Real al norte-noreste.

El sector B, constituye una región con componentes malacológicos propios del Pacífico norte, como *Strobilops* sp., *Drymaeus alternans* o *Diplosolenodes occidentalis*.

El sector C también contiene sus componentes propios, como *Gastrocopta geminidens*, *Drymaeus multilineatus* o *Chanomphalus pilsbryi*, pero además contiene algunas especies que le aportan un componente de la región natural del Atlántico, como *Helicina rostrata* y *Spiraxis* sp. Esta influencia se observa más claramente debido a la formación del subsector C₂.

Se debe mencionar que, según PÉREZ & LÓPEZ (1998a), la formación de regiones malacogeográficas claramente definidas se observa mucho mejor al comparar comunidades del Pacífico con las de las otras regiones naturales del país (Centro-Norte y Atlántica).

Un aspecto interesante a tener en cuenta es la presencia de algunas especies que se distribuyen en una o dos cuadrículas aisladas y por consiguiente han sido eliminadas de la matriz utilizada para hacer el análisis biogeográfico; estas especies constituyen componentes faunísticos de otras regiones del país o de alguna de las categorías biogeográficas americanas o globales, anteriormente citadas en este apartado.

Tenemos por ejemplo: 1) *Radiodiscus millecostatus* y *Gastrocopta pentodon* especies recolectadas en un solo punto al norte del Pacífico y que están ampliamente distribuidas en la región Centro-Norte de Nicaragua, 2) *Orthalicus melanochilus*, también recolectado en una sola cuadrícula de la zona este del Pacífico, ha sido recolectado en otras ocasiones en la selva tropical húmeda del sureste de Nicaragua, en la región natural del Atlántico, 3) *Leptinaria insignis*, recolectada en dos localidades muy cercanas del Pacífico, es una especie que se conocía anteriormente de las Antillas Menores y ha sido recientemente citada por primera vez para la malacofauna continental de Nicaragua, 4) *Leptinaria tamaulipensis*, que es una especie procedente de México y se encuentra solamente en el sector A.

Analizando conjuntamente la zonación biogeográfica y la diversidad se puede observar que los mayores valores de diversidad se presentan en los sectores B y C, con 51 especies, seguidos por el sector A con una diversidad alfa de 31 especies (Fig. 9).

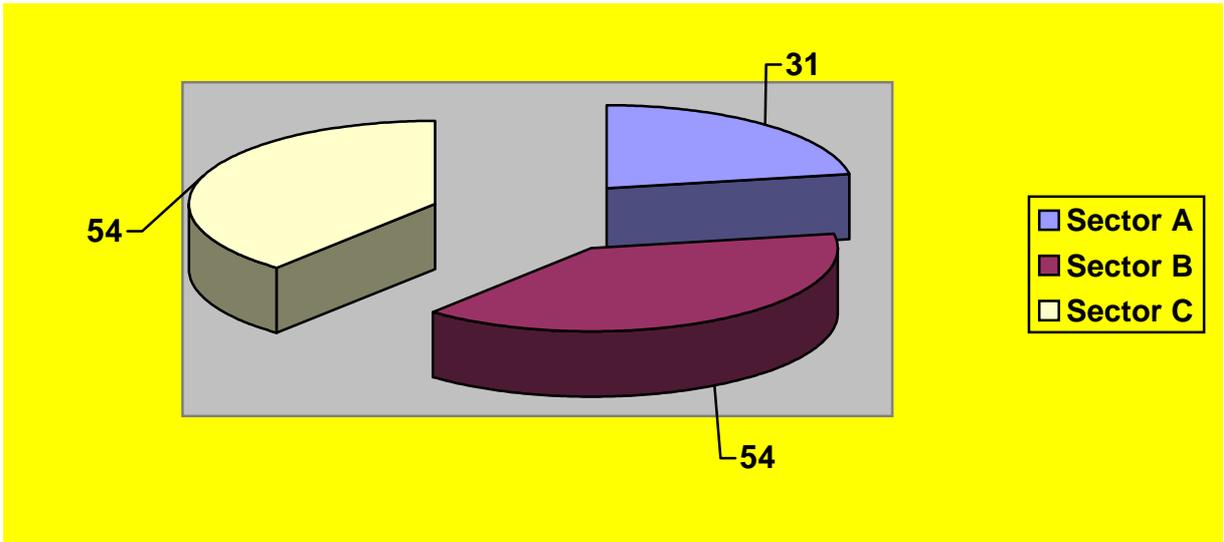


Fig. 9.- Diversidad alfa por sectores en el área de estudio.

REFERENCIAS

- BOESCH, D.F. 1977. Applications of numerical classification in ecological investigations of water pollution. *Ecol. Res. Ser. EPA- 600/3-77-033*, 115 p.
- CAIN, A.J. & G.A. HARRISON. 1958. An analysis of the taxonomist's judgement of affinity. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 131: 85.
- CRISCI, J.V. & M.F. LÓPEZ. 1983. *Introducción a la teoría y la práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la OEA, Washington, D.C. 132 p.
- FENZL, N. 1989. *Geografía, clima, geología y Hidrometeorología*. UFPA. INETER, INAN, Belem. 62 p. + suppl.
- FISCHER, P. & H. CROSSE. 1870-1902. *Mission scientifique au Mexique et dans L'Amérique Centrale. Mollusques Terrestres et Fluviales*. Paris I, 702 p. 29 L.
- HERRERA, A., R. del VALLE & N. CASTILLO. 1987. Aplicación de métodos de clasificación numérica en el estudio ecológico del litoral rocoso. *Reporte de Investigación.*, Instituto de Oceanología, 70:1-17.
- HUBALEK, Z. 1982. Coefficients of association and similarity, based on binary (presence-absence) data: an evaluation. *Biol. Rev.*, 57:669-689.
- INCER, J. 1973. *Geografía ilustrada de Nicaragua*. Editorial Recalde, Managua.
- JACCARD, P. 1901. Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, 37:547-579.
- JACOBSON, M.K. 1965. Preliminary remarks on the land mollusks of Nicaragua. Reprinted from *Annual Reports for 1965 of the American malacological Union*, p. 3.
- LISICKY, M.J. 1990. Structure type unit of ecological mapping. *Ekologia (CSSR)*, 9:45-48.
- MAGURRAN, A. 1987. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 177 p.
- MAGURRAN, A. 1987. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 177 p.
- MARTÍNEZ-ORTÍ, A. 1999. *Moluscos terrestres testáceos de la comunidad de Valencia*. Tesis doctoral (inédita), Universitat de València. 743 p + 19 L.
- OVIDO, E. 1993. *Atlas Básico Ilustrado de Nicaragua y el Mundo (ABINM)*. EPADISA-SALMA, Madrid. 66 p.
- PÉREZ, A.M. 1999. *Estudio taxonómico y biogeográfico preliminar de la malacofauna continental (Mollusca: Gastropoda) del Pacífico de Nicaragua*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, España. 524 p.

- PÉREZ, A.M. & A. LÓPEZ. 1998. Análisis comparativo preliminar de localidades notables de gastrópodos de Nicaragua. *Encuentro*, 46:60-70.
- PUENTE, A.I. , K. ALTONAGA, C.E. PRIETO & A. RALLO. 1998. Delimitation of biogeographical areas in the Iberian Peninsula on the basis of Helicoidea species (Pulmonata: Stylommatophora). *Global Ecology and Biogeography*, 7:97-113.
- PRIETO, C.E. 1986. *Estudio sistemático y biogeográfico de los Helicidae sensu Zilch, 1959-60 (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) del País Vasco y regiones adyacentes*. Tesis Doctoral (inédita), Universidad del País Vasco. 393 p, 10 L.
- PRIETO, C.E., B.J. GÓMEZ & E. ANGULO. 1981. La subfamilia Helicinae (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) en el País Vasco y provincias vecinas. *Cuad. Invest. Biol. Bilbao*, 1:51-56.
- PRIETO, C.E. & M. SEVILLANO. 1994. Sectorización biogeográfica del País Vasco y regiones vecinas basada en la superfamilia Helicoidea (Gastropoda: Pulmonata). *Cuad. Invest. Biol. Bilbao*, 18:21-36.
- PUENTE, A.I. & C.E. PRIETO. 1991. *Cernuella (Xerocincta) neglecta* (Draparnaud, 1905) (Pulmonata: Stylommatophora: Hygromiidae) en el Península Ibérica. *Iberus*, 8(2):31-37.
- PUENTE, A.I. & C.E. PRIETO. 1992. La superfamilia Helicoidea (Pulmonata: Stylommatophora) en el norte de la Península Ibérica: corología y sectorización malacogeográfica. *Graellsia*, 48:133-169.
- REYMENT, R.A., R.E. BLACKITH & N.A. CAMPBELL. 1984. *Multivariate morphometrics*. Academic Press, London. 233 p.
- ROHLF, F.J. 1992. *NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Exeter Software, New York.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROLHF. 1962. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, 11:30-40.