

Monitoreo de la calidad y cantidad de agua para evaluar la salud de las cuencas que drenan a Puerto Vallarta, Jalisco

Informe técnico

Junio 2023



FONDO PARA
LA COMUNICACIÓN
Y LA EDUCACIÓN
AMBIENTAL A.C.



FONNOR
Fondo Noroeste
y Occidente

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.

Dirección general: María Teresa Gutiérrez Mercadillo

Coordinación técnica: Karla Isabel Rivera Ramírez

Coordinación científica: Victor Hugo Salinas Camarillo y Arantza Ivonne Daw

Guerrero

Boulevard Manuel Ávila Camacho 67, Col. Polanco V Sección, Alcaldía Miguel
Hidalgo, C.P. 11560. Ciudad de México, México.

www.fcea.org.mx

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	14
1.1	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	15
1.2	PARÁMETROS PAISAJÍSTICOS.....	16
1.2.1	Calidad hidromorfológica.....	16
1.2.2	Calidad de vegetación de ribera.....	16
1.3	DIATOMEAS BENTÓNICAS	19
1.4	MACRÓFITAS ACUÁTICAS	22
1.5	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	24
2	OBJETIVO	25
3	MÉTODOS	25
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	25
3.2	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	29
3.3	PARÁMETROS PAISAJÍSTICOS.....	30
3.3.1	Calidad hidromorfológica.....	30
3.3.2	Calidad de vegetación de ribera.....	30
3.4	DIATOMEAS BENTÓNICAS	31
3.5	MACROALGAS BENTÓNICAS	34
3.6	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	34
4	RESULTADOS	36
4.1	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	36
4.2	CANTIDAD DE AGUA.....	41
4.3	PARÁMETROS PAISAJÍSTICOS.....	44
4.3.1	Calidad hidromorfológica.....	44
4.3.2	Calidad de vegetación de ribera.....	47
4.4	DIATOMEAS BENTÓNICAS	50
4.4.1	Diatomeas bentónicas en la cuenca Ameca-Mascota	76
4.4.2	Diatomeas bentónicas en la cuenca Pitillal	87
4.4.3	Diatomeas bentónicas en la cuenca Cuale	92
4.4.4	Diatomeas bentónicas en la cuenca Las Juntas.....	96
4.4.5	Diatomeas bentónicas en la cuenca El Tuito	100
4.5	MACRÓFITAS BENTÓNICAS	106
4.5.1	Macrófitas en la cuenca Ameca-Mascota	142
4.5.2	Macrófitas acuáticas en la cuenca Pitillal.....	146
4.5.3	Macrófitas acuáticas en la cuenca Cuale.....	148
4.5.4	Macrófitas acuáticas en la cuenca Las Juntas.....	149
4.5.5	Macrófitas acuáticas en la cuenca El Tuito	151
4.6	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	153
4.6.1	Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Ameca-Mascota.....	177
4.6.2	Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Pitillal.....	184



4.6.3	Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Cuale.....	189
4.6.4	Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Las Juntas.....	193
4.6.5	Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca El Tuito	197
5	CONCLUSIONES PRELIMINARES	202
6	RECOMENDACIONES	203
7	REFERENCIAS	203

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS 36 SITIOS MONITOREADOS EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	27
TABLA 2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS REGISTRADOS EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	37
TABLA 3. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	41
TABLA 4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA UTILIZANDO EL ÍNDICE HYQI EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO....	45
TABLA 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA UTILIZANDO EL ÍNDICE QBR EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	48
TABLA 6. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS REGISTRADAS EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	51
TABLA 7. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS EN LA CUENCA AMECAMASCOTA, JALISCO.....	78
TABLA 8. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.....	88
TABLA 9. DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS DEL ESTERO EL SALADO, JALISCO.....	92
TABLA 10. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.....	93
TABLA 11. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.....	97
TABLA 12. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS DIATOMEAS BENTÓNICAS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.....	101
TABLA 13. DIVERSIDAD Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS MACRÓFITAS BENTÓNICAS REGISTRADAS EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.....	107

TABLA 14. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MACRÓFITAS ACUÁTICAS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO.....	144
TABLA 15. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MACRÓFITAS ACUÁTICAS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.	147
TABLA 16. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MACRÓFITAS ACUÁTICAS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.	149
TABLA 17. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MACRÓFITAS ACUÁTICAS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	151
TABLA 18. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS MACRÓFITAS ACUÁTICAS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	152
TABLA 19. DIVERSIDAD, CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y VALOR DE TOLERANCIA DE ACUERDO CON EL BMWPCOL DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTE, JALISCO.....	155
TABLA 20. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ACUÁTICOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO.....	179
TABLA 21. PUNTAJES Y CATEGORÍAS DEL ÍNDICE BMWPCOL EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA.	183
TABLA 22. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ACUÁTICOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.....	186
TABLA 23. PUNTAJES Y CATEGORÍAS DEL ÍNDICE BMWPCOL EN LA CUENCA PITILLAL.	188
TABLA 24. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ACUÁTICOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.	191
TABLA 25. PUNTAJES Y CATEGORÍAS DEL ÍNDICE BMWPCOL EN LA CUENCA CUALE.....	192
TABLA 26. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ACUÁTICOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	194
TABLA 27. PUNTAJES Y CATEGORÍAS DEL ÍNDICE BMWPCOL EN LA CUENCA LAS JUNTAS.	196
TABLA 28. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ACUÁTICOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	198
TABLA 29. PUNTAJES Y CATEGORÍAS DEL ÍNDICE BMWPCOL EN LA CUENCA EL TUITO.....	200

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS 36 SITIOS MONITOREADOS EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO (I AMECA-MASCOTA, II PITILLAL, III CUALE, IV LAS JUNTAS, V EL TUITO) CON EL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (A) E HIDROLOGÍA (B).	26
FIGURA 2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS SITIOS DE MUESTREO Y PARÁMETROS AMBIENTALES. TEMPERATURA (T), CONDUCTIVIDAD (K_{25}), SATURACIÓN DE OXÍGENO (SO), TURBIDEZ (TU), BACTERIAS COLIFORMES TOTALES (CT), NITRATO-NITRÓGENO ($\text{NO}_3\text{-N}$), AMONIO-NITRÓGENO ($\text{NH}_3^+\text{-N}$), ORTOFOSFATOS (PO_4^{3-}). LOS CÓDIGOS DE LOS SITIOS CORRESPONDEN A LA TABLA 1.	40
FIGURA 3. CAUDAL REGISTRADO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN 35 SITIOS MONITOREADOS DE LAS CUENCAS I AMECA-MASCOTA, II PITILLA, III CUALE, IV LAS JUNTAS Y V EL TUITO, QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	43
FIGURA 4. CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA EVALUADA CON EL ÍNDICE HYQI DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN LOS 36 SITIOS MONITOREADOS DE LAS CUENCAS I AMECA-MASCOTA, II PITILLA, III CUALE, IV LAS JUNTAS Y V EL TUITO, QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	46
FIGURA 5. CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA EVALUADA CON EL ÍNDICE QBR, REGISTRADA DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN LOS 36 SITIOS MONITOREADOS DE LAS CUENCAS I AMECA-MASCOTA, II PITILLA, III CUALE, IV LAS JUNTAS Y V EL TUITO, QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	49
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS POR ÓRDEN EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	50
FIGURA 7. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>AULACOSEIRA AMBIGUA</i> , B) <i>AULACOSEIRA GRANULATA</i> , C) <i>AULACOSEIRA PUSILLA</i> , D) <i>MELOSIRA VARIANS</i> , E) <i>ORTHOSEIRA ROESEANA</i> , F) <i>TERPSINÖE MUSICA</i> , G) <i>PLEUROSIRA LAEVIS</i> , H) <i>DISCOSTELLA STELLIGERA</i> , I) <i>CONTICRIBRA WEISSFLOGII</i> , J) <i>STEPHANOCYCLUS MENEGHINIANA</i>	60
FIGURA 8. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>FRAGILARIA SP. 1</i> , B) <i>FRAGILARIA SP. 2</i> , C) <i>FRAGILARIA SP. 3</i> , D) <i>PUNCTASTRIATA MIMETICA</i> , E) <i>SYNEDRA GOULARDII</i> , F) <i>TABULARIA SP. 1</i> , G) <i>ULNARIA BICEPS</i> , H) <i>ULNARIA ULNA</i> , I) <i>EUNOTIA BIDENS</i> , J) <i>EUNOTIA BRAENDLEI</i> , K) <i>EUNOTIA IMPLICATA</i> , L) <i>EUNOTIA SUBARCUATOIDES</i> , M) <i>EUNOTIA SP. 1</i>	61
FIGURA 9. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>EUNOTIA SP. 2</i> , B) <i>EUNOTIA SP. 3</i> , C) <i>EUNOTIA SP. 4</i> , D) <i>EUNOTIA SP. 5</i> , E) <i>EUNOTIA SP. 6</i> , F) <i>EUNOTIA SP. 7</i> , G) <i>EUNOTIA SP. 8</i> , H) <i>EUNOTIA SP. 9</i>	62
FIGURA 10. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>ACHNANTHES INFLATA</i> , B) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 1</i> , C) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 2</i> , D) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 3</i> , E) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 4</i> , F) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 5</i> , G) <i>ACHNANTHIDIUM SP. 6</i> , H) <i>GOGOREVIA EXILIS</i> , I) <i>GOGOREVIA SP. 1</i> , J) <i>LEMNICOLA HUNGARICA</i> , K) <i>PLANOTHIDIUM CRYPTOLANCEOLATUM</i> , L) <i>PLANOTHIDIUM FREQUENTISSIMUM</i> , M) <i>PLANOTHIDIUM MINUTISSIMUM</i> , N) <i>PLANOTHIDIUM POTAPOVAE</i> , O) <i>PLANOTHIDIUM ROBUSTUM</i> , P) <i>PLANOTHIDIUM ROSTRATOHOLARTICUM</i> , Q) <i>PLANOTHIDIUM SP. 1</i> , R) <i>PLATESSA BAHLISII</i> , S) <i>PLATESSA CONSPICUA</i> , T) <i>COCCONEIS CASCADENSIS</i> , U) <i>COCCONEIS PEDICULUS</i> , V) <i>COCCONEIS SP. 1</i>	63
FIGURA 11. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>DECUSSIPHYCUS PLACENTA</i> , B) <i>AMPHIPLEURA CHIPASENSIS</i> , C) <i>AMPHIPLEURA PELLUCIDA</i> , D) <i>FRUSTULIA CRASSINERVA</i> , E) <i>FRUSTULIA NEOMUNDANA</i> , F) <i>FRUSTULIA VULGARIS</i> , G) <i>FRUSTULIA SP. 1</i> , H) <i>PARLIBELLUS SP. 1</i> , I) <i>NUPELA METZELTINII</i> , J) <i>NUPELA PRAECIPUOIDES</i> , K) <i>DIADESMIS CONFERVACEA</i> , L) <i>HUMIDOPHILA CONTENTA</i> , M) <i>HUMIDOPHILA SP. 1</i>	64
FIGURA 12. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) <i>LUTICOLA GOEPPERTIANA</i> , B) <i>LUTICOLA MUTICA</i> , C) <i>LUTICOLA SP. 1</i> , D) <i>LUTICOLA SP. 2</i> , E) <i>DIPLONEIS SP. 1</i> , F) <i>ADLAFIA MINUSCULA</i> , G) <i>ADLAFIA SUCHLANDTII</i> , H) <i>CALONEIS SP.1</i> , I) <i>CALONEIS SP.2</i> , J) <i>CALONEIS SP.3</i> , K) <i>CALONEIS SP.4</i> , L) <i>CALONEIS SP.5</i> , M) <i>CALONEIS SP.6</i> , N) <i>CALONEIS SP.7</i> , O) <i>CHAMAEPINNULARIA EVANIDA</i> , P) <i>GEISSLERIA PUNCTIFERA</i> , Q) <i>GYROSIGMA KUETZINGII</i> , R)	

HIPPODONTA SP. 1, S) HIPPODONTA SP. 2, T) NAVICULA AMPHICEROPSIS, U) NAVICULA ANGUSTA, V) NAVICULA CANALIS, W) NAVICULA CAPITATORADIATA, X) NAVICULA CRYPTOCEPHALA, Y) NAVICULA CRYPTOTENELLA, Z) NAVICULA ERIFUGA, AA) NAVICULA ESCAMBIA, AB) NAVICULA FERNANDAE, AC) NAVICULA GREGARIA, AD) NAVICULA INCARUM, AE) NAVICULA INGAPIRCA 65

FIGURA 13. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) NAVICULA LOHMANII, B) NAVICULA LONGICEPHALA, C) NAVICULA NOTHA, D) NAVICULA RADIOSA, E) NAVICULA RECENS, F) NAVICULA ROSTELLATA, G) NAVICULA SUBRHYNCHOCEPHALA, H) NAVICULA TENELLOIDES, I) NAVICULA VENETA, J) NAVICULA VILAPLANII, K) NAVICULA VIRIDULACALCIS, L) NAVICULA SP. 1, M) NAVICULA SP. 2, N) NAVICULA SP. 3, O) NAVICULA SP. 4, P) NAVIGEIA DECUSSIS, Q) SEMINAVIS SP. 1, R) NEIDIUM SP. 1, S) NEIDIUM SP. 2 66

FIGURA 14. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) NEIDIUM SP. 3, B) NEIDIUM SP. 4, C) PINNULARIA BOREALIS, D) PINNULARIA ERRATICA, E) PINNULARIA STIDOLPHII, F) PINNULARIA SP. 1, G) PINNULARIA SP. 2, H) PINNULARIA SP. 3, I) PINNULARIA SP. 4, J) PINNULARIA SP. 5, K) PINNULARIA SP. 6 67

FIGURA 15. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) PINNULARIA SP. 7, B) PINNULARIA SP. 8, C) PINNULARIA SP. 9, D) PINNULARIA SP. 10, E) PINNULARIA SP. 11, F) PINNULARIA SP. 12, G) PLEUROSIGMA SP. 1, H) FALLACIA INSOCIABILIS, I) FALLACIA PYGMAEA, J) FALLACIA SUBHAMULATA, K) SELLAPHORA ATOMOIDES, L) SELLAPHORA FUSTICULUS, M) SELLAPHORA JAVANICA, N) SELLAPHORA PSEUDOPUPULA, O) SELLAPHORA PUPULA, P) SELLAPHORA RHOMBICAREA, Q) SELLAPHORA SAUGERRESII, R) SELLAPHORA STAURONEIODES, S) SELLAPHORA TRIDENTULA, T) SELLAPHORA SP. 1, U) SELLAPHORA SP. 2, V) SELLAPHORA SP. 3, W) SELLAPHORA SP. 4, X) CRATICULA AMBIGUA, Y) CRATICULA MOLESTIFORMIS, Z) CRATICULA SUBMINUSCULA, AA) FISTULIFERA SP. 1 68

FIGURA 16. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) STAURONEIS BOBVJERGII, B) STAURONEIS SP. 1, C) STAURONEIS SP. 2, D) STAURONEIS SP. 3, E) STAURONEIS SP. 4, F) ANOMOEONEIS SPHAEROPHORA, G) CYMBELLA KOLBEI, H) CYMBELLA MEXICANA, I) CYMBELLA TROPICA, J) CYMBELLA TUMIDA, K) CYMBELLA TURGIDULA 69

FIGURA 17. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) CYMBELLA SP. 1, B) CYMBOPLEURA NAVICULIFORMIS, C) ENCYONEMA MINUTUM, D) ENCYONEMA MINUTUM VAR. PSEUDOGRACILIS, E) ENCYONEMA PERGRACILE, F) ENCYONEMA SP. 1, G) ENCYONOPSIS SUBMINUTA, H) PLACONEIS ELEGANS, I) PLACONEIS PARAELEGANS, J) PLACONEIS SYMMETRICA, K) PLACONEIS UNDULATA, L) PLACONEIS WITKOWSKII, M) GOMPHONEMA ACUMINATUM, N) GOMPHONEMA AFFINE, O) GOMPHONEMA COMMUTATUM, P) GOMPHONEMA LAGENULA, Q) GOMPHONEMA LATICOLLUM 70

FIGURA 19. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) NITZSCHIA ACICULARIS, B) NITZSCHIA AMPHIBIA, C) NITZSCHIA ARCHIBALDII, D) NITZSCHIA CLAUSII, E) NITZSCHIA COMUNIS, F) NITZSCHIA DISSIPATA, G) NITZSCHIA INCONSPICUA, H) NITZSCHIA KURZEANA, I) NITZSCHIA LINEARIS, J) NITZSCHIA MEDIA, K) NITZSCHIA MICROCEPHALA, L) NITZSCHIA PALEA VAR. PALEA, M) NITZSCHIA PALEA VAR. TENUIROSTRIS, N) NITZSCHIA SEMIROBUSTA, O) NITZSCHIA SIGMA, P) NITZSCHIA SUBTILIS, Q) NITZSCHIA SUPRALITOREA, R) NITZSCHIA TSARENKOI, S) NITZSCHIA UMBONATA, T) NITZSCHIA SP. 1, U) NITZSCHIA SP. 2, V) SIMONSENIA DELOGNEI, W) TRYBLIONELLA CALIDA, X) TRYBLIONELLA COMPRESSA, Y) TRYBLIONELLA DEBILIS, Z) TRYBLIONELLA HUNGARICA, AA) TRYBLIONELLA LEVIDENSIS 72

FIGURA 20. DIVERSIDAD DE DIATOMEAS BENTÓNICAS. A) EPITHEMIA ADNATA, B) EPITHEMIA GIBBA, C) EPITHEMIA OPERCULATA, D) EPITHEMIA SOREX, E) EPITHEMIA TURGIDA, F) RHOPALODIA GIBBERULA VAR. VANHEURCKII, G) ICONELLA DELICATISSIMA, H) ICONELLA LINEARIS, I) ICONELLA TENERA, J) ICONELLA SP. 1 73

FIGURA 23. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO 76

FIGURA 24. ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO 77

FIGURA 25. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.	87
FIGURA 26. ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.	91
FIGURA 27. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.	93
FIGURA 28. ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.	95
FIGURA 29. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	97
FIGURA 30. ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	100
FIGURA 31. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	101
FIGURA 32. ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	104
FIGURA 33. RESULTADOS DEL ÍNDICE TRÓFICO DE DIATOMEAS (TDI) CALCULADO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN LOS 34 SITIOS MONITOREADOS DE LAS CUENCAS I AMECA-MASCOTA, II PITILLA, III CUALE, IV LAS JUNTAS Y V EL TUITO, QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	105
FIGURA 34. DIVERSIDAD DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS POR FILOS.	106
FIGURA 35. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>ANABAENA</i>	109
FIGURA 36. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>NOSTOCHOPSIS</i>	110
FIGURA 37. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>NOSTOC</i>	111
FIGURA 38. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>RIVULARIA</i>	112
FIGURA 39. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>TOLYPOTHRIX</i>	113
FIGURA 40. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>LYNGBYA</i> 1.	114
FIGURA 41. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>LYNGBYA</i> 2.	115
FIGURA 42. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>LYNGBYA</i> 3.	116
FIGURA 43. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>OSCILLATORIA</i> 1 (A-B) Y <i>OSCILLATORIA</i> 2 (C-H).	117
FIGURA 44. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>OSCILLATORIA</i> 3.	118
FIGURA 45. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>OSCILLATORIA</i> 4.	119
FIGURA 46. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>OSCILLATORIA</i> 5.	120
FIGURA 47. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>PHORMIDIUM</i> 1.	121
FIGURA 48. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>PHORMIDIUM</i> 2.	122
FIGURA 49. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>NITELLA</i>	123

FIGURA 50. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>KLEBSORMIDIUM</i>	124
FIGURA 51. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>SPIROGYRA</i>	125
FIGURA 52. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>ZYGNEMA</i>	126
FIGURA 53. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>CHAETOPHORA</i>	127
FIGURA 54. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>OEDOGONIUM</i>	128
FIGURA 55. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>RHIZOCLONIUM</i>	129
FIGURA 56. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>CLADOPHORA</i>	130
FIGURA 57. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>ULOTHRIX</i>	131
FIGURA 58. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>HILDENBRANDIA</i>	132
FIGURA 59. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>BATRACHOSPERMUM</i>	133
FIGURA 60. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>KUMANOVA</i>	134
FIGURA 61. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>PARALEMANEA</i>	135
FIGURA 62. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE CHANTRANSIA.	136
FIGURA 63. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>VAUCHERIA</i>	137
FIGURA 64. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES DE BRYOPHYTA 1 (A-B), BRYOPHYTA 2 (C-D) Y BRYOPHYTA 3 (E-F).	138
FIGURA 65. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>MARATHRUM</i>	139
FIGURA 66. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE PTERIDOPHYTA.	140
FIGURA 67. CRECIMIENTOS MACROSCÓPICOS Y DETALLES MICROSCÓPICOS DE <i>ULVA INTESTINALIS</i> PRESENTE EN EL ESTERO EL SALADO.	141
FIGURA 68. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO.	142
FIGURA 69. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.	146
FIGURA 70. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.	148
FIGURA 71. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	150
FIGURA 72. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	152
FIGURA 73. DISTRIBUCIÓN DE LA DIVERSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS POR FILO EN LAS CINCO CUENCAS QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	153
FIGURA 74. A. HIRUDINIDAE, B. ACARI, C. DYTISCIDAE 1, D. DYTISCIDAE 2, E. DYTISCIDAE 3, F. ELMIDAE.	160
FIGURA 75. A. ELMIDAE, B. ELMIDAE, C. DINEUTUS SP. D. HYDROPHILIDAE, E. PSEPHENUS SP., F. STAPHYLINIDAE.	161

FIGURA 76. A. COLLEMBOLA, B. ATHERICIDAE, C. BLEPHARICERIDAE, D. CERATOPOGONIDAE, E. CHIRONOMIDAE, F. CULICIDAE.....	162
FIGURA 77. A. DIXIDAE. B. DOLICHOPODIDAE, C. EMPIDIDAE, D. PSYCHODIDAE, E. SIMULIIDAE, F. STRATIOMYIDAE.....	163
FIGURA 78. A. SYRPHIDAE, B. TABANIDAE, C. TIPULIDAE, D. BAETODES SP., E. CAMELOBAETIDIUS SP., F. CENTROPTILUM SP.....	164
FIGURA 79. A. CLOEON SP., B. CAENIS SP., C. EPEORUS SP., D. ASIOPLAX SP., E. LEPTOHYPHES SP., F. TRICORYTHODES SP.....	165
FIGURA 80. A. VACUPERNIUS SP., B. TERPIDES SP., C. THRAULODES SP., D. BELOSTOMATIDAE, E. NEOCORIXA SP., F. GELASTOCORIS SP.....	166
FIGURA 81. A. GERRIS SP., B. LIMNOPORUS SP., C. METROBATES SP., D. TREPOBATES SP., E. HEBRUS SP., F. MERRAGATA SP.....	167
FIGURA 82. A. MESOVELIA SP., B. AMBRYBUS SP., C. CRYPHOCRICOS SP., D. LIMNOCORIS SP., E. NEPIDAE, F. NOTONECTIDAE.....	168
FIGURA 83. A. MICROVELIA SP., B. RHAGOVELIA SP., C. PETROPHILA SP., D. CORYDALUS SP., E. HETAERINA SP., F. ARGIA SP.....	169
FIGURA 84. A. OPHIOGOMPHUS SP., B. PROGOMPHUS SP., C. ARCHILESTES SP., D. LIBELLULA SP., E. PALTOHEMIS SP., F. PERITHEMIS SP.....	170
FIGURA 85. A. PSEUDOLEON SP., B. TRAMEA SP., C. PALAEMNEMA SP., D. ANACRONEURIA SP., E. HANSONOPERLA SP., F. PHYLLOICUS SP.....	171
FIGURA 86. A. AUSTROTINODES SP., B. CULOPTILA SP., C. GLOSSOSOMA SP., D. HELICOPSYCHE SP., E. ATOPSYCHE SP., F. DIPLECTRONA SP.....	172
FIGURA 87. A. HYDROPSYCHE SP., B. LEPTONEMA SP., C. SMICRIDEA SP., D. LEUCOTRICHIA SP., E. OCHROTRICHIA SP., F. ZUMATRICHIA SP.....	173
FIGURA 88. A. NECTOPSYCHE SP., B. OECETIS SP., C. CHIMARRA SP., D. WORMALDIA SP., E. CERNOTIA SP., F. POLYCENTROPUS SP.....	174
FIGURA 89. A. MACROBRACHIUM SP., B. NERITIDAE, C. PHYSIDAE, D. MELANOIDES SP., E. DUGESIIDAE.....	175
FIGURA 90. DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL ESTERO EL SALADO. A. LITOPENAEUS SP., B. CIRRIPIEDIA, C. HALOBATES SP., D. TEREPELLIDAE, E. POLYCHAETA.....	176
FIGURA 91. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO.....	178
FIGURA 92. VALORES DEL ÍNDICE ASTP CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA AMECA-MASCOTA, JALISCO.....	184
FIGURA 93. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.....	185
FIGURA 94. VALORES DEL ÍNDICE ASTP CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA PITILLAL, JALISCO.....	188
FIGURA 95. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO.....	190

FIGURA 96. VALORES DEL ÍNDICE ASTP CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA CUALE, JALISCO	193
FIGURA 97. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	194
FIGURA 98. VALORES DEL ÍNDICE ASTP CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA LAS JUNTAS, JALISCO.	198
FIGURA 99. ÍNDICES DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES (S'), ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENNER (H') EN LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	198
FIGURA 100. VALORES DEL ÍNDICE ASTP CALCULADO PARA LOS SITIOS MONITOREADOS EN LA CUENCA EL TUITO, JALISCO.	200
FIGURA 101. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ASTP CALCULADO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN LOS 34 SITIOS MONITOREADOS DE LAS CUENCAS I AMECA-MASCOTA, II PITILLA, III CUALE, IV LAS JUNTAS Y V EL TUITO, QUE ABASTECEN A PUERTO VALLARTA, JALISCO.	201

Resumen ejecutivo

La región de Puerto Vallarta es una zona de gran importancia ambiental y económica para el Estado de Jalisco. Las cuencas que la rodean proveen diversos servicios ecosistémicos que permiten el desarrollo social, destacando la provisión de agua en calidad y cantidad. Sin embargo, la degradación ambiental en el territorio y la alta demanda de agua comprometen la disponibilidad actual y futura del recurso para los ecosistemas, su biodiversidad y la población humana. Por ello, se requieren herramientas de gestión del territorio que garanticen la buena salud de las cuencas y de sus ecosistemas acuáticos, así como esquemas de monitoreo que permitan identificar cambios que pudieran reflejar amenazas a la salud ambiental.

En este contexto se desarrolla el proyecto “Provisión de servicios ambientales hidrológicos a Puerto Vallarta a través de un manejo integrado de cuencas y acuíferos”, el cual integra un componente para la caracterización de la salud de las cuencas que drenan a Puerto Vallarta. En esta vía se realiza el primer esfuerzo de monitoreo de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, un trabajo sin precedentes que constituye una línea base de información ambiental y biológica en la región. El presente informe muestra los resultados del monitoreo del agua en 36 sitios a lo largo de las cuencas Ameca-Mascota, Pitillal, Cuale, Las Juntas y El Tuito, durante temporada de secas (mayo-abril) de 2023.

De manera general, en todas las cuencas se registró un gradiente de degradación ambiental desde la parte alta hasta la baja; sin embargo, la dimensión de las presiones fue desigual. Las Juntas y Cuale presentaron los mejores estados de conservación en las partes altas y medias, en donde todos los parámetros indican una buena calidad ecológica. En la cuenca Ameca-Mascota se registraron ecosistemas sanos en las partes altas cercanas a los nacimientos; sin embargo, las actividades agrícolas y ganaderas constituyen un factor de degradación importante. Por su parte, la cuenca Pitillal se encontró afectada principalmente por la deforestación y el cambio de uso de suelo forestal a ganadero. Por último, el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos en la cuenca El Tuito se encontró considerablemente comprometido desde las partes altas, situación asociada al impacto de los asentamientos humanos y las actividades agrícolas.

Para poder caracterizar de manera adecuada la salud de las cuencas se requiere el monitoreo en temporada de lluvias, de modo que se tenga representado un ciclo hidrológico completo. Asimismo, se recomienda encaminar esfuerzos en generar herramientas de análisis ecológico adaptadas a la región, de modo que se puedan realizar interpretaciones óptimas.

1 Introducción

La región de Puerto Vallarta es una zona de gran interés económico para el Estado de Jalisco, su desarrollo depende de la disponibilidad de recursos, no solo económicos, sino también ambientales. Entre éstos, la disponibilidad de agua en calidad y cantidad y demás servicios ecosistémicos que las cuencas Ameca-Mascota, Pitillal, Cuale, Las Juntas y El Tuito proveen. Sin embargo, la degradación ambiental en el territorio y la alta demanda de agua comprometen la disponibilidad actual y futura del recurso para los ecosistemas, su biodiversidad y la población humana.

Con el objetivo de asegurar la provisión de servicios ambientales hidrológicos para Puerto Vallarta, Fondo Noroeste y Occidente, A.C., elaboró en el año 2018 el Plan de Manejo Integrado de Cuencas (PAMIC) para la Región Vallarta y en seguimiento comenzó a implementar en abril del año 2020 el proyecto “Provisión de servicios ambientales hidrológicos a Puerto Vallarta a través del manejo integrado de cuencas y acuíferos”, con el financiamiento de la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. Uno de los componentes del proyecto se basa en la caracterización de la salud de las cuencas que drenan a Puerto Vallarta mediante el monitoreo del agua. En este marco, el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., inicia actividades en el año 2023 mediante estudios para la evaluación de la calidad ecológica de ecosistemas acuáticos en las cuencas de interés. El presente informe muestra los resultados del monitoreo durante temporada de secas (mayo-abril) del año 2023.

Calidad ecológica

De manera histórica se ha utilizado la aproximación de *calidad del agua* para el estudio de los ecosistemas acuáticos, mediante el análisis de parámetros de percepción (p.ej. color y olor), físico-químicos y microbiológicos, con criterios establecidos o valores máximos permisibles. Estos valores dependen del uso que se busque dar al agua, desde el consumo humano directo, riego agrícola, consumo para el ganado, recreación o en muy pocos casos, para el mantenimiento de la vida acuática; sin embargo, se carece de un mecanismo que permita evaluar la calidad ambiental de los cuerpos de agua naturales.

Si bien los análisis de calidad del agua permiten detectar de manera puntual eventos de contaminación, arrojando una fotografía del momento en el que la muestra fue tomada, su

interpretación se da preponderantemente en función de los potenciales riesgos para la salud humana, dejando un gran vacío en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. A partir del surgimiento de la Directiva Marco del Agua Europea (EC, 2000), se dio un cambio de paradigma en el estudio de los ecosistemas acuáticos, pues se denotó la importancia de caracterizar su calidad de manera integral. De esta manera, se propone la evaluación de la *calidad ecológica*, a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos ya conocidos, adicionando la evaluación de la calidad hidromorfológica (grado de conservación de la naturalidad de los cauces), la calidad de la vegetación de ribera, y la evaluación de las comunidades acuáticas de productores primarios: fitoplancton, diatomeas bentónicas, macrófitos acuáticos (plantas acuáticas y macroalgas); y de consumidores: macroinvertebrados bentónicos y peces.

Con esta visión integral, la evaluación de la calidad ecológica se centra en reconocer la estructura (quiénes los habitan) y funcionamiento (el papel que desarrollan los habitantes acuáticos) de los ecosistemas acuáticos. Con estos atributos se procura el mantenimiento de los procesos y dinámicas que ocurren de manera natural en los ecosistemas y que permiten la provisión de beneficios a las poblaciones humanas.

1.1 Parámetros físico-químicos

Para conocer las características de los sistemas acuáticos y entender los procesos que en ellos ocurren, se utilizan diversos parámetros físico-químicos, como la temperatura del agua, el nivel de acidez o basicidad (pH), el contenido de sales disueltas (conductividad eléctrica), la cantidad de materia orgánica e inorgánica disuelta o suspendida (sólidos disueltos totales o sólidos suspendidos totales), la salinidad, la concentración de oxígeno disuelto, la concentración de nutrientes (p.ej. nitrógeno o fósforo), el contenido de carbonatos y bicarbonatos, y la concentración de metales pesados, entre muchos otros.

Los valores de estos parámetros suelen estar regulados por características y procesos naturales, como el origen geológico de las cuencas, clima, latitud y elevación, o por los cambios que acompañan a las estaciones del año, o los hidroperiodos de lluvias y estiaje.

Los valores de estos parámetros también pueden ser alterados por diversas actividades humanas, desde obras hidráulicas que modifiquen la estructura de los cauces (p.ej. represamientos o canalizaciones), o procesos de contaminación puntual (p.ej. descargas de aguas residuales) o difusas (p.ej. lixiviación de fertilizantes).

1.2 Parámetros paisajísticos

Los elementos físicos del paisaje, como la cantidad de sustratos en el cuerpo de agua y los regímenes de velocidad y profundidad del agua, intervienen de manera crítica para que los ecosistemas acuáticos funcionen de manera adecuada. Asimismo, la vegetación que se desarrolla como una “frontera” entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos interviene en múltiples procesos que se llevan a cabo en ambos sistemas. En este contexto, la incorporación de ambos parámetros resulta indispensable al momento de hablar de calidad ecológica.

1.2.1 Calidad hidromorfológica

El estudio de las formas del paisaje originadas por el agua se denomina *hidromorfología*. En particular, se estudia el *régimen hidrológico* (la fluctuación de los caudales), las relaciones con el agua subterránea y características morfológicas como profundidad, ancho, forma y naturaleza de bancos e islas. Estas formas del paisaje son muy variables en el tiempo y el espacio, presentando gran diversidad de características físicas que afectan la calidad de los recursos, la permanencia y la conectividad en una variedad de escalas en donde diversas comunidades biológicas se desarrollan. Para poder evaluar la calidad hidromorfológica de los ecosistemas de ribera se deben utilizar indicadores hidromorfológicos que nos permiten reconocer la diferencia entre las características hidrológicas y geomorfológicas actuales, y aquellas características que se tendrían en ausencia de alteraciones humanas para garantizar el buen funcionamiento de los ecosistemas.

Algunas alteraciones, como represamientos o canalizaciones para regular los cauces, provocan la homogenización del hábitat que, a su vez, da lugar a la disminución en la riqueza de especies.

1.2.2 Calidad de vegetación de ribera

La mayoría de los sistemas acuáticos del mundo poseen en sus márgenes un tipo de vegetación conocida como *vegetación de ribera* o *bosque de ribera*, el cual constituye una “frontera” entre los ecosistemas terrestres y acuáticos.

El bosque de ribera está influenciado en gran medida por los procesos de erosión, transporte y sedimentación de materiales que se llevan a cabo en los cuerpos de agua, suele estar adaptado a suelos fértiles y tener la capacidad de resistir la inundación, mientras que otro tipo de vegetación no sobrevive ante estas condiciones.

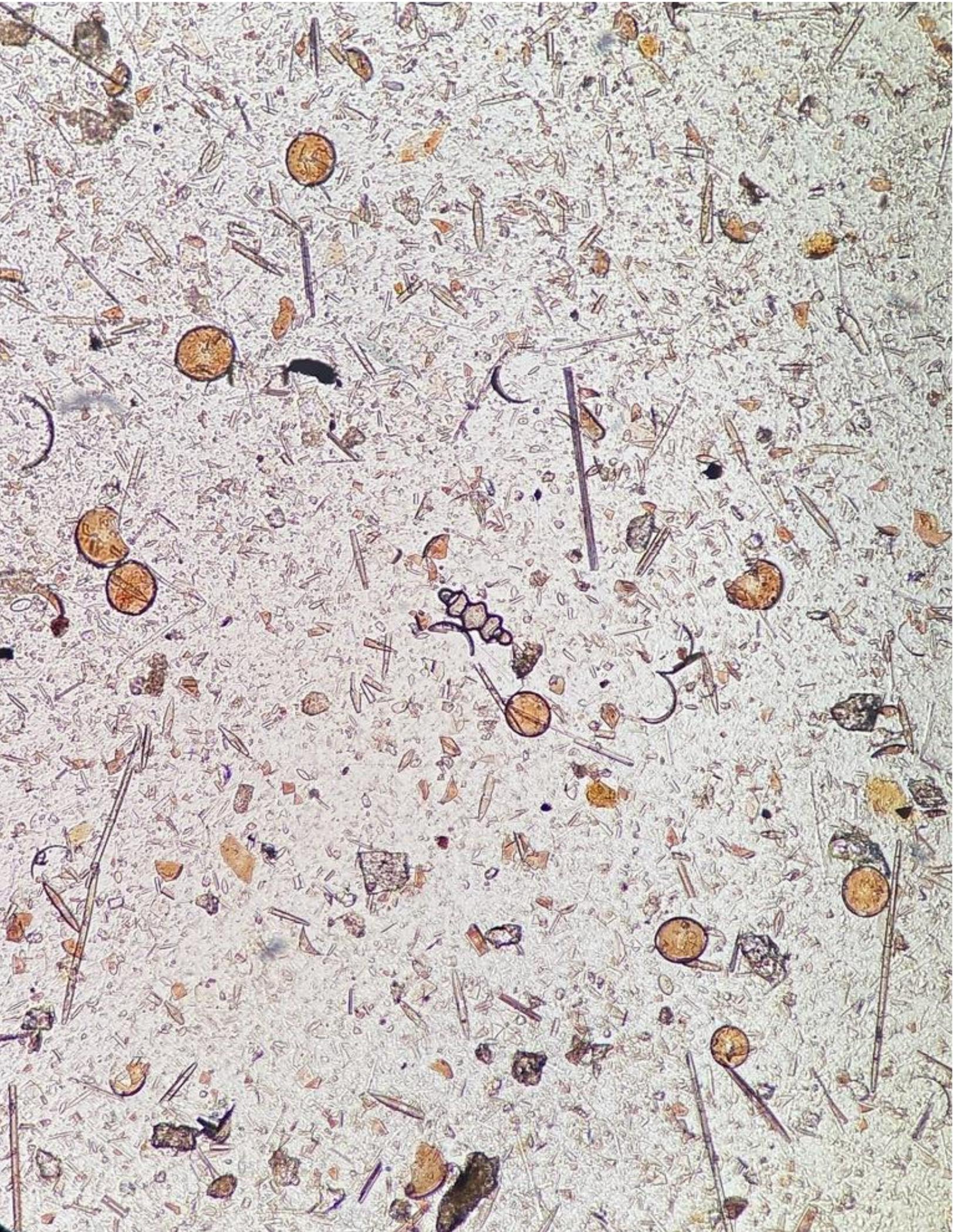
Éstos bosques tienen un efecto directo sobre los procesos que se llevan a cabo en los sistemas acuáticos: proporcionan sombra, ayudan a regular la temperatura del agua, además de mantenerla bien oxigenada; constituyen una importante entrada de materia orgánica (hojas, frutos, troncos) que sirven de refugio y/o alimento para otros organismos acuáticos; limitan la erosión de los márgenes; sirven como filtro para retener partículas y nutrientes; y, funcionan como corredores biológicos.

Las características de los bosques de ribera, como su composición, estructura y funcionamiento, cambian en función del tipo de sistema acuático y de su ubicación geográfica. Por lo anterior, es importante conocer cada atributo de la vegetación de ribera respecto al su estado natural, es decir, en condiciones prístinas o lo más conservadas posibles.

Algunos de los aspectos que se evalúan para calificar la calidad de estos bosques son:

- La proporción de la cubierta forestal ribereña.
- La estructura del bosque en función de los árboles y arbustos.
- La calidad de la cobertura, considerando la proporción de especies nativas o introducidas.
- El grado de naturalidad del canal fluvial, dependiendo de las modificaciones humanas que existan, como construcciones sólidas (canales y represamientos).

La evaluación de la calidad del bosque de ribera nos permite conocer el estado de conservación en el que se encuentra y ubicar fácilmente los tramos mejor conservados y relacionar el estado de cada tramo con las presiones e impactos existentes. Esta tarea también facilita el diagnóstico de los principales problemas de dicho ecosistema mediante el reconocimiento de distintos efectos que modifican su composición, estructura y funcionamiento, elementos de vital importancia para soportar los servicios ecosistémicos que estos bosques brindan. Con lo anterior, se contribuye de manera significativa al diseño de estrategias para la restauración y conservación en ecosistemas acuáticos.



1.3 Diatomeas bentónicas

Las diatomeas son un grupo de algas microscópicas unicelulares (cada célula es un organismo independiente) que parecen vivir en casas de cristal, puesto que sus paredes celulares están hechas de sílice, un material transparente y muy resistente. Las formas de estas paredes celulares y los patrones de ornamentación que presentan son la base para la identificación de las especies.

Aunque estos organismos sólo pueden observarse a través de un microscopio, forman crecimientos que en ocasiones pueden observarse a simple vista en hábitats acuáticos como tapetes color café o dorado debido a los pigmentos fotosintéticos; además, suelen ser los responsables de generar la textura resbalosa en las superficies mojadas debido al mucílago que producen para adherirse o moverse en los sustratos.

Las diatomeas están presentes en todos los ecosistemas donde hay agua, desde manantiales, ríos, lagos, humedales, lagunas costeras y, por supuesto, en los océanos, donde se ha estimado que producen casi 30 % del oxígeno que respiramos en el planeta. Esta capacidad de habitar tal diversidad de ambientes se ve reflejada en la enorme diversidad de especies que existen, estimadas en un rango de 20,000 a 2 millones.

Al ser los organismos fotosintéticos dominantes en el lecho de los ríos (rocas, sedimentos y plantas), desempeñan un papel fundamental en los sistemas acuáticos, pues son responsables de generar oxígeno y de gran parte del reciclaje de nutrientes como fósforo y nitrógeno, funcionando como la base de las redes tróficas, manteniendo la biodiversidad acuática.

Estos organismos tienen un ciclo de vida corto, es decir que los cambios en el ambiente (naturales o antropogénicos) que repercuten en su crecimiento y reproducción son notables en el corto plazo (días, semanas). Variables ambientales como: temperatura del agua, pH, salinidad, contaminación orgánica, nutrientes inorgánicos y metales pesados, además de contaminación difusa (agricultura) o puntual (descargas de aguas residuales domésticas o industriales), modifican las características del hábitat de diatomeas, lo cual se refleja en la composición de especies y, sobre todo, en alteraciones en su nivel de abundancia, pues las especies presentan diferentes intervalos de preferencia o tolerancia.

Al ser estas especies tan vulnerables a las características del agua que habitan, las diatomeas son consideradas uno de los mejores indicadores de la salud de los sistemas acuáticos. A nivel mundial se han desarrollado índices que permiten asignar un valor de calidad dependiendo de la composición y la abundancia de las especies presentes en cada comunidad, reflejando las

condiciones de su hábitat. Aunque cada índice funciona para la región para la que fue desarrollado, incorporando la diversidad local de especies y su respuesta ante las presiones de su región, existen algunas opciones que resumen las preferencias a nivel de género o incluso que toman en cuenta información no taxonómica (funcional) como la talla de los organismos, la forma de vida, o el espacio que ocupan dentro de la comunidad. Si bien estas opciones pueden no ser tan precisas como los índices a nivel de especie, brindan una buena imagen del sistema.



1.4 Macrófitas acuáticas

Este término designa un grupo muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo de plantas aparentes que viven en el agua. Este grupo abarca plantas vasculares acuáticas, briófitos, algas y bacterias fotosintéticas que forman crecimientos macroscópicos. A su vez, las algas constituyen un grupo biológico artificial, en el que se agrupan aquellos organismos acuáticos fotosintéticos que, a diferencia de las plantas, no tienen una raíz verdadera, tallo, hojas o tejido vascular, ni presentan un verdadero embrión. El término macro hace referencia a que forman crecimientos visibles a simple vista, por lo que aun cuando los organismos sean microscópicos, las colonias que pueden llegar a formar son fácilmente distinguibles en los ecosistemas, desde tapetes de unos cuantos centímetros de hasta crecimientos masivos de incluso varios metros de longitud.

Entre los grupos de organismos que conforman a las algas podemos encontrar las que pertenecen al reino Plantae: algas verdes (Chlorophyta) y algas rojas (Rhodophyta), y las que pertenecen al reino Protista: algas pardas (Heterokontophyta); cuyos colores son característicos por los pigmentos fotosintéticos que poseen. Además de estos grupos, también podemos encontrar cianobacterias, un grupo de bacterias (procariontes) que realizan fotosíntesis por lo que se asemejan más a las algas e incluso forman crecimientos de algunos pocos centímetros que pueden identificarse por presentar colores verde-azulado.

Las macrófitas son de vital importancia para los sistemas acuáticos, ya que funcionan como productores primarios, llevando a cabo la fotosíntesis y sirviendo de alimento y/o refugio para algunos organismos como los macroinvertebrados acuáticos o peces.

La distribución y la abundancia de las especies dependen de varios factores, como la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), a partir de los cuales llevan a cabo la fotosíntesis, o la transparencia del agua y la cobertura de la vegetación de ribera, que limitan la entrada de luz al agua, elemento necesario para poder desarrollarse. Sin embargo, las diferentes especies presentan diferentes niveles de preferencia o tolerancia ante los cambios. Además, como estos organismos están adaptados a los ciclos naturales que se llevan a cabo en los ríos, como los periodos de lluvias y estiaje, cambios en las características hidromorfológicas de los ríos, como represamientos o derivaciones, tienen repercusiones en la composición y la abundancia de las especies.



1.5 Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MIBs) son aquellos organismos invertebrados que se pueden observar a simple vista y viven adheridos al sustrato que se encuentra dentro de los cuerpos acuáticos como ríos, arroyos, lagos y lagunas (Alonso y Camargo, 2005). Los MIBs incluyen larvas de insectos de los órdenes Diptera, Odonata, Coleoptera, Hemiptera, Efemeroptera, Tricoptera, entre otros. Además de los insectos, otros MIBs que se pueden encontrar son organismos de los filos Annelida (sanguijuelas/lombrices), Platyhelminthes (planarias o gusanos planos), Mollusca (caracoles/conchas), así como crustáceos (cangrejos/camarones) y algunos arácnidos (ácaros acuáticos) (Carrera y Fierro, 2001).

Debido a que los MIBs abarcan una gran diversidad de organismos, existen diferentes tipos de hábitats donde pueden establecerse, como en aguas corrientes o estancadas, sobre o debajo de rocas, en el lodo o arena del fondo de los ríos o en restos de plantas como hojas o troncos (Hanson *et al.*, 2010).

La presencia de MIBs está controlada por un gran número de factores, que van desde su distribución biogeográfica, condiciones físicas (en especial la corriente y la disponibilidad de sustratos en los arroyos y ríos), la calidad físico-química del agua, disponibilidad de hábitat adecuado, alimento disponible y la presencia de depredadores, competidores o parásitos que puedan afectar a los organismos (Domínguez y Fernández, 2009).

Los MIBs son uno de los grupos de organismos que ha sido ampliamente utilizado para la evaluación de la calidad del agua en sistemas epicontinentales, ya que presentan distintos niveles de tolerancia o sensibilidad a la contaminación orgánica, concentraciones de oxígeno disuelto o velocidad de corriente (Rosas-Acevedo *et al.*, 2014). Uno de los índices más utilizados a nivel mundial para evaluar la calidad de agua es el Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual requiere de una identificación taxonómica a nivel de familia con datos cualitativos (presencia/ausencia) asignándoles un valor (1-10) de tolerancia a cada una; valores altos corresponden a familias sensibles a la contaminación mientras que valores bajos son asignados a familias tolerantes a la contaminación. A pesar de su amplia utilización, se han identificado algunas problemáticas al momento de aplicarlo como son: el empleo de datos cualitativos de presencia/ausencia ignorando otros caracteres importantes como la abundancia de los organismos, el haber sido desarrollado en zonas con características geomorfológicas, ambientales y climáticas diferentes a los sitios que se desean evaluar y que los valores de tolerancia se fundamenta en el criterio de expertos, más que en

el uso integrado de dicho criterio con una herramienta numérica que permita establecer de manera objetiva y rigurosa los umbrales de adaptación de los organismos a las variables abióticas consideradas (Forero et al., 2014). Como una alternativa ante el sesgo del BMWP, se ha empleado el índice ASTP el cual trabaja con las abundancias de cada familia y el valor de tolerancia proporcionado por el BMWP, por lo que puntajes bajos del ASTP indica condiciones graves de contaminación y, por el contrario, puntajes altos estarán relacionados a sistemas con aguas limpias o poco intervenidas (Álvarez, 2005).

2 Objetivo

Realizar un monitoreo de cantidad y calidad de agua mediante el uso de indicadores físicos, químicos, biológicos e hidromorfológicos que permitan caracterizar la salud de las cuencas que drenan a Puerto Vallarta.

3 Métodos

3.1 Área de estudio

La región de Puerto Vallarta es una región basta en recursos naturales, los sistemas montañosos que rodean la región forman las cuencas de los ríos Ameca-Mascota, Pitillal, Cuale, Las Juntas y El Tuito. Éstas cinco cuencas se localizan dentro de la vertiente del Pacífico Tropical, dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y se extienden sobre 377,889 ha., localizándose dentro de los estados de Jalisco (93.56%) y Nayarit (6.44%). Su gradiente altitudinal oscila entre 0 y 2,724 m.s.n.m., correspondiendo a las partes elevadas del parteaguas de la cuenca del río Mascota, hasta las desembocaduras de los ríos Ameca-Mascota, El Pitillal, El Cuale, Las Juntas y El Tuito, mientras que la elevación promedio dentro del área es de 1,345 m.s.n.m.

Los climas predominantes en la región corresponden a cálidos-semicálidos subhúmedos con temperaturas medias anuales mayores a los 22°C. La precipitación anual media oscila entre 800 y 2,500 mm.

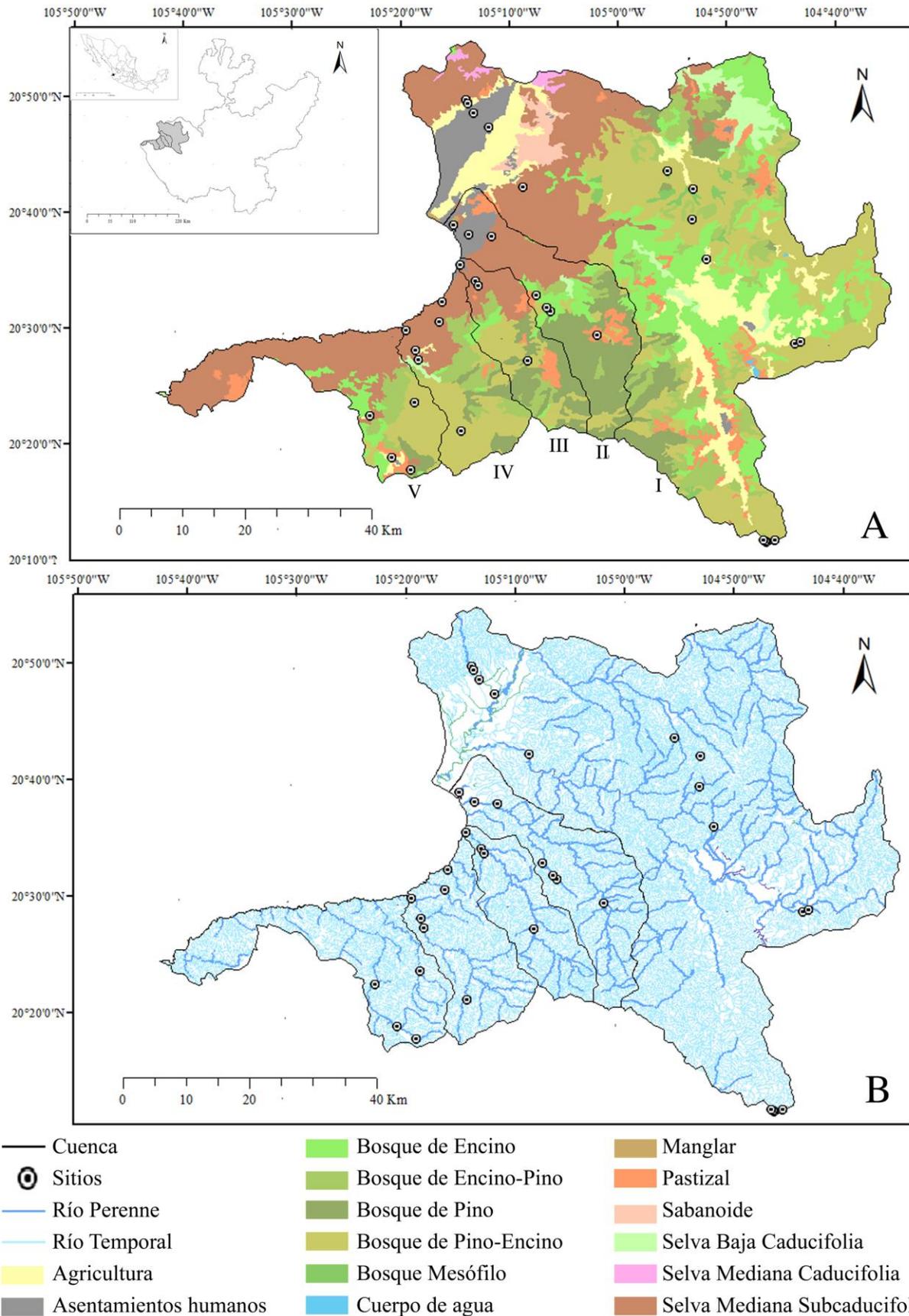


FIGURA 1. Distribución de los 36 sitios monitoreados en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco (I Ameca-Mascota, II Pitillal, III Cuale, IV Las Juntas, V El Tuito) con el uso de suelo y vegetación (A) e hidrología (B).

TABLA 1. Información general de los 36 sitios monitoreados en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Cuenca/Sitio	Código	Municipio	Fecha	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m s.n.m.)	Ecosistema
I. Ameca-Mascota							
Bosque de Arce, El Madraño	AM1	Talpa de Allende	24/03/23	20.2175	-104.743056	2010	B. Mesófilo
Bosque de Arce, Sendero 4	AM2	Talpa de Allende	24/03/23	20.21578	-104.7557	1750	B. Mesófilo
Bosque de Arce, La Unión	AM3	Talpa de Allende	24/03/23	20.21596	-104.7569	1730	B. Mesófilo
Bosque de Arce, Salida	AM4	Talpa de Allende	24/03/23	20.218333	-104.76	1710	B. Mesófilo
Rancho El Venadito 1	AM5	Mascota	25/03/23	20.504444	-104.708889	1430	B. Pino-Encino
Rancho El Venadito 2	AM6	Mascota	25/03/23	20.5025	-104.7175	1360	B. Pino-Encino
El Novillero	AM7	Mascota	25/03/23	20.621944	-104.855833	1260	B. Encino
El Saucilo	AM8	Mascota	26/03/23	20.677778	-104.878333	1560	Agrícola
Milpillas	AM9	San Sebastián del Oeste	26/03/23	20.722778	-104.878056	1460	B. Mesófilo
Palos Blancos	AM10	San Sebastián del Oeste	26/03/23	20.747222	-104.9175	1110	B. Mesófilo
Dulce Vista	AM11	Puerto Vallarta	28/03/23	20.719444	-105.138611	60	Selv. Med. Sub.
Huichichila Referencia 2	AM12	Bahía de banderas	27/03/23	20.843889	-105.228333	100	Selv. Med. Sub.
Huichichila Compuertas	AM13	Bahía de banderas	27/03/23	20.83852	-105.22573	85	Selv. Med. Sub.
Huichichila El Silverado	AM14	Bahía de banderas	27/03/23	20.82511	-105.21635	60	Agrícola
Huichichila Sur	AM15	Bahía de banderas	27/03/23	20.804722	-105.1925	30	Urbano
II. Pitillal							
Zapotán	Pi1	Mascota	31/03/23	20.50913	-105.02096	909	B. Pino-Encino
Jorullo Paradise	Pi2	Mascota	01/04/23	20.54107	-105.09196	902	B. Encino
El Nogal	Pi3	Mascota	01/04/23	20.54604	-105.09886	881	B. Encino
Las Huertas	Pi4	Mascota	01/04/23	20.5638	-105.1152	742	B. Encino-Pino
La Pedrera	Pi5	Puerto Vallarta	28/03/23	20.64819	-105.1847	57	Selv. Med. Sub.
Puente Pitillal	Pi6	Puerto Vallarta	28/03/23	20.649444	-105.219444	10	Urbano
Estero El Salado	ES	Puerto Vallarta	28/03/23	20.66307	-105.24298	4	Manglar
III. Cuale							
Agua Caliente	Cu1	Talpa de Allende	31/03/23	20.4699	-105.12571	756	B. Pino-Encino
Jorullo Bridge	Cu2	Puerto Vallarta	29/03/23	20.5761	-105.20396	136	Selv. Med. Sub.

Cuenca/Sitio	Código	Municipio	Fecha	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m s.n.m.)	Ecosistema
Oficinas El Jorullo	Cu3	Puerto Vallarta	29/03/23	20.58321	-105.20758	81	Selv. Med. Sub.
Isla Cuale	Cu4	Puerto Vallarta	29/03/23	20.60626	-105.23132	23	Urbano
IV. Las Juntas							
El Potrero	Ju1	Cabo Corrientes	02/04/23	20.36674	-105.22514	881	B. Pino-Encino
Jardín Botánico	Ju2	Cabo Corrientes	30/03/23	20.46732	-105.29288	335	Selv. Med. Sub.
Tequilera	Ju3	Cabo Corrientes	30/03/23	20.48025	-105.29694	278	Selv. Med. Sub.
El Edén	Ju4	Puerto Vallarta	30/03/23	20.52324	-105.26252	160	Selv. Med. Sub.
Palo María	Ju5	Puerto Vallarta	29/03/23	20.55102	-105.25765	40	Selv. Med. Sub.
Boca de Tomatlán	Ju6	Puerto Vallarta	30/03/23	20.50772	-105.31194	10	Selv. Med. Sub.
V. El Tuito							
Rancho Los Lobos	Tu1	Cabo Corrientes	02/04/23	20.308889	-105.300278	660	B. Pino
El Tuito	Tu2	Cabo Corrientes	02/04/23	20.32527	-105.32909	616	Agrícola
El Divisadero	Tu3	Cabo Corrientes	03/04/23	20.38478	-105.36428	500	Selv. Med. Sub.
Pedro Moreno	Tu4	Cabo Corrientes	02/04/23	20.405833	-105.296389	570	B. Pino-Encino

Las cuencas presentan una gran diversidad de tipos de vegetación debido a la diferencia de elevación que presentan, dominando las partes altas áreas de bosque mesófilo, bosque de pino y bosque de encino. Hacia las partes medias-bajas de las cuencas se puede observar coberturas de selva mediana caducifolia, subcaducifolia y manglar. Así mismo, se hacen evidente las áreas de agricultura y asentamientos humanos principalmente en la zona turística (Fig. 1).

Se seleccionaron 36 sitios en las cinco subcuencas para el monitoreo (Tabla 1) tomando en cuenta las partes altas, medias y bajas de las cuencas considerando accesibilidad, seguridad y uso de suelo para poder cubrir las zonas más representativas de cada cuenca. Los muestreos se realizaron durante la época de secas (mayo-abril) donde las características de los ríos son más estresantes.

3.2 Parámetros físico-químicos

En cada sitio, se realizó el registro de la temperatura del agua, temperatura ambiental, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, sólidos disueltos totales y salinidad con el uso de una sonda multiparamétrica Hanna (HI98194). El registro de datos se realizó al interior del sistema acuático procurando que la medición se realizara en el centro del cauce evitando zonas de flujo fuerte.

En cada sitio se realizó también la estimación del caudal o gasto de agua, siguiendo el modelo de Hauer & Lamberti (1996), considerando áreas parciales y la velocidad de corriente en un perfil transversal del río. Para ello, se midieron las profundidades en diferentes secciones de distancia conocida para calcular las áreas parciales. Y para estimar la velocidad de corriente se contó el tiempo que le tomó a un flotador (frasco de colecta) recorrer una distancia conocida (velocidad superficial), este ejercicio se repitió en siete ocasiones en una sección del río.

Se tomó una muestra de agua de cada sitio en un recipiente de polipropileno de 500 mL, enjuagando 3 veces el recipiente con agua del sitio antes de tomar la muestra final. Ésta muestra fue utilizada para el análisis químico de agua que contempló la medición de los siguientes parámetros por medio de kits de calidad de agua de la marca Lamotte: nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$, Kit de Nitrato-Nitrógeno), amonio ($\text{NH}_3^+\text{-N}$, Kit de Amonio-Nitrógeno), fósforo soluble reactivo (PO_4^{3-} , Kit de ortofosfatos), turbidez (Kit de Turbidez) y coliformes totales.

3.3 Parámetros paisajísticos

3.3.1 *Calidad hidromorfológica*

En cada sitio se realizó una evaluación utilizando el índice de calidad hidromorfológica propuesto para evaluar la calidad hidromorfológica en ríos de montaña de México “HYQI” (por sus siglas en inglés) (Carmona et al., 2021). Este índice evalúa de manera general 12 parámetros divididos en tres secciones:

I. La calidad de la cuenca, caracterizada por la cobertura vegetal, la estabilidad del banco, el tipo y tamaño de sustrato, y el desarrollo de actividades productivas como ganadería y agricultura en la zona de ribera.

II. Las características hidrológicas del río, evaluando la naturalidad del canal y las interrupciones al flujo de agua.

III. Las alteraciones antropogénicas relacionadas con la contaminación del agua por fuentes puntuales o difusas.

El protocolo tiene un total de 120 puntos, 40 puntos para cada sección. El puntaje parcial de cada sección permite identificar la más conservada o el componente que presenta algún deterioro, mientras que el puntaje final es el resultado de la suma de los 12 parámetros evaluados. Este puntaje se divide en cinco categorías de calidad:

- Muy Buena >100 puntos
- Buena > 85 puntos
- 47 puntos < Media < 84 puntos.
- 13 puntos < Mala < 46 puntos.
- Muy Mala < 12 puntos.

Para la evaluación de la cobertura forestal se utilizó un transecto de 10 m de longitud del cauce y 10 m perpendiculares en cada orilla. Para la evaluación de la calidad hidromorfológica se recorrió un transecto de 10 m a lo largo del río. A lo largo de la evaluación se consideraron las características de la ribera derecha e izquierda. Algunos parámetros evaluados se califican como presencia o ausencia, mientras que otros corresponden a un porcentaje de presencia.

3.3.2 *Calidad de vegetación de ribera*

En cada sitio se estimó la calidad de la vegetación de ribera seleccionando un tramo del sistema acuático de 20 metros, utilizando el índice de calidad de bosque de ribera (QBR, Munné et al. 1998).

Este índice dispone de cuatro bloques donde la puntuación máxima de cada uno es de 25 puntos y la mínima es cero:

I. Grado de cobertura riparia, tiene por objetivo evaluar la proporción del suelo cubierto por vegetación, considerando toda la vegetación excepto las hierbas de crecimiento anual. Toma en cuenta la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal que lo rodea. Los caminos de menos de 4 m de ancho no se considerarán como elementos de aislamiento con el ecosistema forestal.

II. Estructura de la cobertura, evalúa la complejidad de la vegetación dada por la interacción entre vegetación de diferentes estratos, como árboles y arbustos. Se consideran aspectos como afectaciones en la distribución de la vegetación originada por plantaciones o no distribuida uniformemente, presentando manchones. También se considera la presencia de plantas acuáticas en la orilla y la interconexión entre árboles y arbustos en la orilla.

III. Calidad de la cobertura, considera a las especies nativas e introducidas presentes en el tramo, su distribución en grupos que se entrelazan desde la zona más cercana al río hasta el final de la zona de ribera (galerías). La calificación de este bloque depende de identificar el tipo geomorfológico del ecosistema que estamos evaluando, por lo que se deberá determinar antes de realizar la evaluación.

IV. Grado de naturalidad del canal fluvial, evalúa la modificación del canal del río por intervención en las terrazas que lo limitan, como construcción de estructuras sólidas que pudieran ser paredes o muros.

De esta manera, la puntuación final del índice se encuentra entre valores de cero y 100, este puntaje se divide en cinco categorías de calidad:

- Muy buena ≥ 95 puntos: Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural.
- Buena 75-90: Bosque ligeramente perturbado.
- Media 55-70: Inicio de alteración importante.
- Mala 30-50: Alteración fuerte.
- Muy Mala ≤ 25 : Degradación extrema.

3.4 Diatomeas bentónicas

En cada sitio de colecta se seleccionaron 5 sustratos a lo largo de un transecto de 10 metros. Se raspó con un cepillo de dientes nuevo (para evitar contaminación entre muestras) una superficie de 20 cm² del biofilm de la parte superior de cada sustrato, enjuagando el cepillo en un frasco de polipropileno

de 40 mL, formando una muestra compleja que contuvo la muestra de los cinco sustratos. Esta muestra se fijó con alcohol al 70% para detener cualquier proceso celular.

La identificación de las diatomeas se realiza con base en las características morfológicas de la pared celular, y para poder observarlas con detalle, se necesita oxidar el contenido celular de las diatomeas, así como la materia orgánica del biofilm que las acompaña. Para ello se utilizó peróxido de hidrógeno con una concentración al 30% y ácido clorhídrico con una concentración al 10% como se describe en Carmona *et al.* (2021).

Una vez oxidado el material se realizó la preparación de tres laminillas permanentes por muestra, utilizando la resina comercial Naphrax®.

Para la revisión de la riqueza de especies de diatomeas se realizaron 10 recorridos transversales en cada preparación, utilizando un microscopio Olympus BX51 equipado con contraste de interferencia diferencial y realizando un registro fotográfico con una cámara Olympus DP12. Las imágenes fueron editadas utilizando el programa Adobe® Photoshop Elements 14.1.

Para obtener las abundancias de las especies de diatomeas se realizó el conteo de aproximadamente 400 valvas por preparación, por muestra. La abundancia relativa promedio de cada especie por muestra se calculó al promediar el número de valvas de cada especie en cada preparación entre el total de valvas cuantificadas por muestra.

La riqueza de especies en cada muestra se obtuvo a partir del número de especies observadas en el total de los transectos recorridos en las preparaciones.

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), que considera no solo el número de especies, sino, también su representación (individuos de cada especie de la comunidad) por lo que es muy susceptible a las abundancias:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \ln p_i$$

Donde i = cada especie, s = número total de especies; p_i = abundancia relativa de cada especie en la comunidad.

El valor de dicho índice tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad.

También se realizó el cálculo del índice de equitatividad de Pielou (J'), que corresponde a una medida relativa de la heterogeneidad de la comunidad, sus valores oscilan entre 0 y 1:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde H' = diversidad de Shannon-Wiener; S = riqueza de especies de la comunidad.

Este valor tiende a cero cuando una especie domina sobre todas las demás de la comunidad y se acerca a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares.

Los índices de riqueza, diversidad y equitatividad se calcularon también para los grupos de macroalgas bentónicas y macroinvertebrados bentónicos.

Con las abundancias relativas de las especies se calculó el índice trófico de diatomea (TDI, Kelly et al. 2001), el cual fue diseñado en Reino Unido para evaluar la eutrofización de los sistemas acuáticos a partir de reconocer el grado de sensibilidad e poder de indicación de las especies de diatomeas. Si bien este índice fue diseñado en condiciones distintas a las de la región a evaluar, tiene la ventaja de otorgar calificaciones a nivel de grupos de especies o géneros, lo cual permite calificar al ensamble de diatomeas de manera general. Este ejercicio se realizó con el fin de poder resumir la información biológica de este grupo y su relación con el incremento de nutrientes en el agua.

La ecuación del índice está basada en los pesos ponderados de Zelinka & Marvan (1961):

$$\text{sensibilidad media ponderada (WMS)} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j v_j}$$

Donde a_j = abundancia relativa de la especie j en la muestra, s_j = sensibilidad a la contaminación de la especie (1 – 5) y v_j = valor indicador (1 – 3). Los valores de sensibilidad son los siguientes:

- 1= favorecida por bajas concentraciones de nutrientes
- 2= favorecida por bajas concentraciones de nutrientes
- 3= favorecidas por intermedias concentraciones de nutrientes
- 4= favorecidas por altas concentraciones de nutrientes
- 5= favorecidas por muy altas concentraciones de nutrientes

El índice TDI se calcula con la siguiente fórmula:

$$TDI = (WMS \times 25) - 25$$

Se expresa en valores entre cero y 100 puntos y las categorías son las siguientes:

- < 35 Oligotrófico
- 36 – 50 Oligo-Mesotrófico
- 51-60 Mesotrófico
- 61-75 Eutrófico
- > 75 Hipertrófico

3.5 Macroalgas bentónicas

En cada sitio, a lo largo de un transecto de 10 metros de longitud se realizaron las estimaciones de la cobertura de los crecimientos de macroalgas bentónicas utilizando el método del cuadrante (Necci et al. 1995).

La estimación de la cobertura de cada crecimiento se realizó utilizando una unidad de muestreo circular de 25 cm² de diámetro, de esta manera, se consideró de 0 a 100 % de cobertura dependiendo del espacio relativo que el crecimiento ocupó al interior del círculo. Estas coberturas porcentuales de cada cuadrante se promediaron para obtener un valor de cobertura promedio por especie y por sitio.

En cada sitio se colectó una muestra de cada crecimiento de macroalga en un frasco de polipropileno de 40 mL. Estas muestras se preservaron (4°C) sin fijar para poder ser analizar todas las estructuras y colores lo más naturales posibles. Las muestras se observaron utilizando un microscopio Olympus BX51 para poder obtener el nivel taxonómico más bajo posible y se realizó el registro fotográfico correspondiente.

3.6 Macroinvertebrados bentónicos

En cada sitio se realizó un muestreo multi-hábitat para colectar los MIBs y reconocer la diversidad en los diferentes puntos de muestreo. El muestreo multi-hábitat consistió en seleccionar un tramo del río de 10 metros, que fuera lo más representativo posible de las características del sitio (lo más conservado posible, sin señales de perturbación, que presentara zonas con corriente suave y fuerte, zonas de pozas, sustrato duro y suave, vegetación acuática dentro del río o en las orillas, presencia de troncos o materia orgánica en descomposición, presencia de macroalgas, etc.), es decir, que presentara diversos tipos de hábitat donde los MIBs pudieran estar presentes (Chicas *et al.*, 2010).

Para la captura de MIBs se requirió una red tipo D, conformada por un mango de madera (agarradero), aro metálico en forma de letra “D” y una malla con un poro de 500 µm flexible que cumple la función de un colador.

En cada uno de los diferentes hábitats identificados se muestreó intensivamente durante un tiempo de 5 min aproximadamente. En sitios donde había sustrato rocoso, arenoso u hojarasca se aplicó el muestreo de pateo con la red tipo D, el cual consiste en remover el sustrato pateando y que la misma corriente del río arrastre a los MIBs hacia la malla coladora de la red. La vegetación acuática se muestreó aplicando golpes con la red en las diferentes partes de la vegetación (que se encuentre

sumergida) con la intención de que los MIBs que habitaran esos hábitats cayeran en la red. Finalmente se aplicó una búsqueda manual (sin usar la red ya que se puede dañar con materiales muy grandes) en sustratos de mayor tamaño como troncos dentro del río o rocas de mayor tamaño (Chicas *et al.*, 2010).

Todo el material que resultó del muestreo multi-hábitat fue colocado en una charola de plástico de fondo blanco para colectar a los MIBs con goteros o pinzas entomológicas. Los organismos fueron depositados en frascos con alcohol al 70% para su almacenamiento y posterior transporte al laboratorio.

Se realizó la identificación de los organismos utilizando literatura especializada (libros, guías, artículos). La mayoría de los organismos fueron identificados a nivel de género, sin embargo, se presentaron casos en donde los organismos se encontraban dañados o eran demasiado juveniles para poder observar los caracteres de identificación, lo cual dificultó la identificación a nivel de género.

Una vez obtenidos los *taxa*, se realizó un listado con abundancias y niveles de tolerancia (a nivel de familia) con respecto al índice adaptado para Colombia BMWP/Col, ya que las condiciones de los sitios de interés son más similares a los sistemas colombianos. A pesar de ser una adaptación del índice europeo, siempre habrá sesgo en cuanto a los valores o la presencia de familias que no estén registradas en el índice. Finalmente, se tomará en cuenta el índice ASTP (tomando los valores del BMWP/Col y las abundancias de cada familia) para asignar categorías de calidad a cada sitio.

4 Resultados

4.1 Parámetros físico-químicos

Se monitorearon 36 sitios en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, de estos, 1 sitio correspondió al estero El Salado, con características de un sitio marino; y el sitio Pi6 se encontró seco, por lo que únicamente se evaluaron los parámetros paisajísticos.

Los resultados del análisis de los parámetros físico-químicos (Tabla 2) permitieron reconocer cambios en la temperatura del agua aumentando hacia las partes bajas de las cuencas, la temperatura se encontró en un rango de 9.7°C a 30.2°C. Esta variación tan alta en las temperaturas puede deberse a la diferencia en la elevación de los sitios (4-2,010 m s.n.m.) y la hora del día en que fueron registrados los datos.

Los niveles de pH del agua fueron de neutros a alcalinos oscilando entre 7.15 a 9.03. Éstos valores tuvieron una tendencia a aumentar hacia las partes bajas de las cuencas, sin embargo, también se detectó el aporte de aguas termales en algunos sitios de la cuenca El Pitillal.

La conductividad eléctrica se registró entre 50 a 538 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicando aguas ligera y moderadamente mineralizadas, así como las concentraciones de sólidos disueltos totales y la salinidad que están estrechamente relacionadas con la conductividad eléctrica, con excepción de Estero El Salado (ES), cuyos altos valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y salinidad reflejan de mejor manera características de ambientes marinos.

La saturación de oxígeno y las concentraciones de oxígeno disuelto fueron altas en la mayoría de los sitios, excepto en AM5 y ES ya que el agua se encontraba estancada y esto impidió que hubiera una buena oxigenación. En el sitio AM14 se registró la mayor concentración de oxígeno disuelto, esto debido a que todo el lecho del río se encontró tapizado por la macroalga *Cladophora*, que sobresaturaba de oxígeno el agua por su actividad fotosintética (eutrofización).

La turbidez fue baja en todos los sitios con un rango de 0 a 20 JTU, sin embargo, el sitio AM7 sobrepasó los valores, con una turbidez de 1,920 JTU, ya que se encontraba estancado, había gran aporte de materia fecal y el sedimento era removido de manera regular por el ganado.

Con respecto a los coliformes totales, se detectaron 22 sitios con restos de materia fecal (principalmente de ganado) dentro del cuerpo de agua o en la orilla.

TABLA 2. Resultados de los parámetros físico-químicos registrados en los sitios de monitoreo en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Código	T (°C)	pH	K ₂₅ (μS/cm)	SDT (mg/L)	Sal. (PSU)	OD (mg/L)	SO (%)	Tu (JTU)	CT *	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₃ ⁺ -N (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
AM1	12.6	7.59	30	18	0.02	6.98	82.9	5	0	0	0	0
AM2	13.9	7.16	42	21	0.02	5.70	67.0	0	1	0	0	0
AM3	14.2	7.44	35	18	0.02	8.70	102.8	0	0	0	0.05	0
AM4	15.7	7.40	37	19	0.02	7.70	94.5	10	1	0	0	0
AM5	15.5	7.81	114	57	0.06	4.08	48.5	5	1	0	0.5	0.1
AM6	17.9	8.64	149	75	0.07	6.95	84.0	15	1	0	0.5	0.2
AM7	27.2	7.53	341	171	0.16	4.83	71.1	1920	1	0	1.5	0.2
AM8	9.7	8.21	223	111	0.11	4.98	52.8	0	0	0	0	0
AM9	13.9	8.18	163	82	0.08	7.80	89.4	5	0	0	0	0.2
AM10	16.1	7.55	92	46	0.04	7.39	84.6	0	0	0	0	0
AM11	21.9	8.38	338	169	0.16	8.72	101.4	15	1	0.2	0	0.2
AM12	23.1	7.62	347	174	0.17	7.30	85.5	0	1	0.1	0	0.2
AM13	24.5	8.06	348	174	0.17	7.15	86.3	15	1	0	0	0.2
AM14	30.2	8.85	538	269	0.26	12.94	170.0	20	1	0	0	0.2
AM15	24.7	8.20	498	250	0.24	11.20	135.2	10	1	1	1	0.4
Pi1	25.1	9.03	236	128	0.12	8.23	110.2	1	1	0	0	0
Pi2	17.1	7.92	148	74	0.07	8.97	103.1	1	0	0	0	0.2
Pi3	23.9	8.30	187	93	0.09	7.55	99.5	2	1	0.1	0.05	0.4
Pi4	18.9	8.35	205	102	0.1	9.55	111.4	1	1	0.1	0	0.2
Pi5	26.22	8.81	285	143	0.13	9.08	113.2	0	1	0	0	0.1
Pi6	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
ES	24.2	7.43	55020	27500	36.47	1.88	27.4	20	0	0	0	0.2
Cu1	18.6	8.13	72	36	0.03	9.58	111.2	0	1	0	0	0.1
Cu2	24.2	8.47	102	51	0.05	9.05	108.1	0	1	0	0.05	0

Código	T (°C)	pH	K ₂₅ (μS/cm)	SDT (mg/L)	Sal. (PSU)	OD (mg/L)	SO (%)	Tu (JTU)	CT *	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₃ ⁺ -N (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Cu3	24.4	8.52	104	52	0.05	9.04	109.0	0	1	0	0	0.1
Cu4	24.4	8.82	92	46	0.04	9.79	117.0	0	1	0	0	0
Ju1	21.2	8.37	57	29	0.03	7.77	96.4	1	0	0	0	0.1
Ju2	19.2	8.14	64	32	0.03	9.95	111.8	0	0	0	0	0
Ju3	20.9	8.44	67	33	0.03	9.52	109.6	0	1	0	0	0
Ju4	20.1	7.90	55	28	0.02	9.10	101.8	0	0	0	0	0.1
Ju5	20.7	7.70	75	37	0.03	8.88	99.3	0	0	0.2	0	0.1
Ju6	23.2	8.48	73	37	0.03	9.57	112.1	0	1	0	0	0.1
Tu1	22.3	7.15	92	46	0.04	6.70	81.6	0	0	0.2	0	0.1
Tu2	23.8	7.35	103	51	0.05	5.57	71.1	5	1	0.1	0.05	0.2
Tu3	19.3	7.88	121	60	0.06	9.20	106.1	0	1	0	0.05	0.2
Tu4	18.5	8.17	84	42	0.04	9.60	108.9	1	0	0	0	0.1

Temperatura (T), conductividad (K₂₅), sólidos disueltos totales (SDT), salinidad (Sal.), oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (SO), turbidez (Tu), bacterias coliformes totales (CT), nitrato-nitrógeno (NO₃-N), amonio-nitrógeno (NH₃⁺-N), ortofosfatos (PO₄³⁻). *Para la estimación de las bacterias coliformes totales se registró la presencia o ausencia de excremento de mamíferos en los alrededores del transecto evaluado

En cuanto a las concentraciones de nutrientes, se identificaron varios sitios con nutrientes por debajo del rango de detección de los kits de nitratos, ortofosfatos (< 0.1 mg/L) y amonio (< 0.05 mg/L). Mientras que otros sitios alcanzaron los niveles máximos de detección de los kits (> 1 mg/L), como fue el caso de AM15, donde se observó el aporte de aguas negras directo al cauce del río y AM7 y Pi3 debido al gran aporte de materia orgánica proveniente de la ganadería.

Mediante el análisis de componentes principales (ACP) se ordenaron los sitios con características físico-químicas similares (se seleccionaron las variables que no se autocorrelacionaran) (Fig. 2). Los parámetros físico-químicos explicaron el 60% de la varianza en los dos primeros ejes.

El componente 1 (37.4%) explicó la degradación del ecosistema a través del enriquecimiento de nutrientes (nitratos y ortofosfatos), aumento de la conductividad, presencia de bacterias coliformes totales y el aumento en la temperatura del agua. El componente 2 (23.1%) explicó la degradación de la calidad en los sitios debido al incremento en las concentraciones de amonio y de la turbidez, así como por la disminución en la concentración de oxígeno debido al estancamiento del agua o a la actividad bacteriana.

De esta manera, los sitios que se ubican en la parte izquierda en la Fig. 2 representan aquellos con la mejor calidad de agua (las partes altas de las cuencas), mientras que los que más se alejan hacia el lado derecho representan los sitios con peor calidad, por ejemplo, el sitio AM15 presentó descargas de aguas negras cercanas al sitio de monitoreo, lo que se reflejó en valores elevados de conductividad, nitratos y amonio; el sitio AM14 se encontró entre campos de cultivos, y presentó un crecimiento masivo de macroalgas que cubrían toda el área del río, en este caso el proceso de eutrofización se pudo observar en los valores elevados de oxígeno, de pH y de conductividad, a pesar de que los nutrientes no fueron elevados (pues las algas los estaban consumiendo). El sitio AM7 presentó los mayores valores de turbidez y de amonio, en este sitio el agua se encontraba estancada, por lo que la temperatura se elevó y el oxígeno disminuyó, y el ganado lo utilizaba libremente para bañarse, dejando sus desechos a la orilla o al interior del cuerpo de agua.

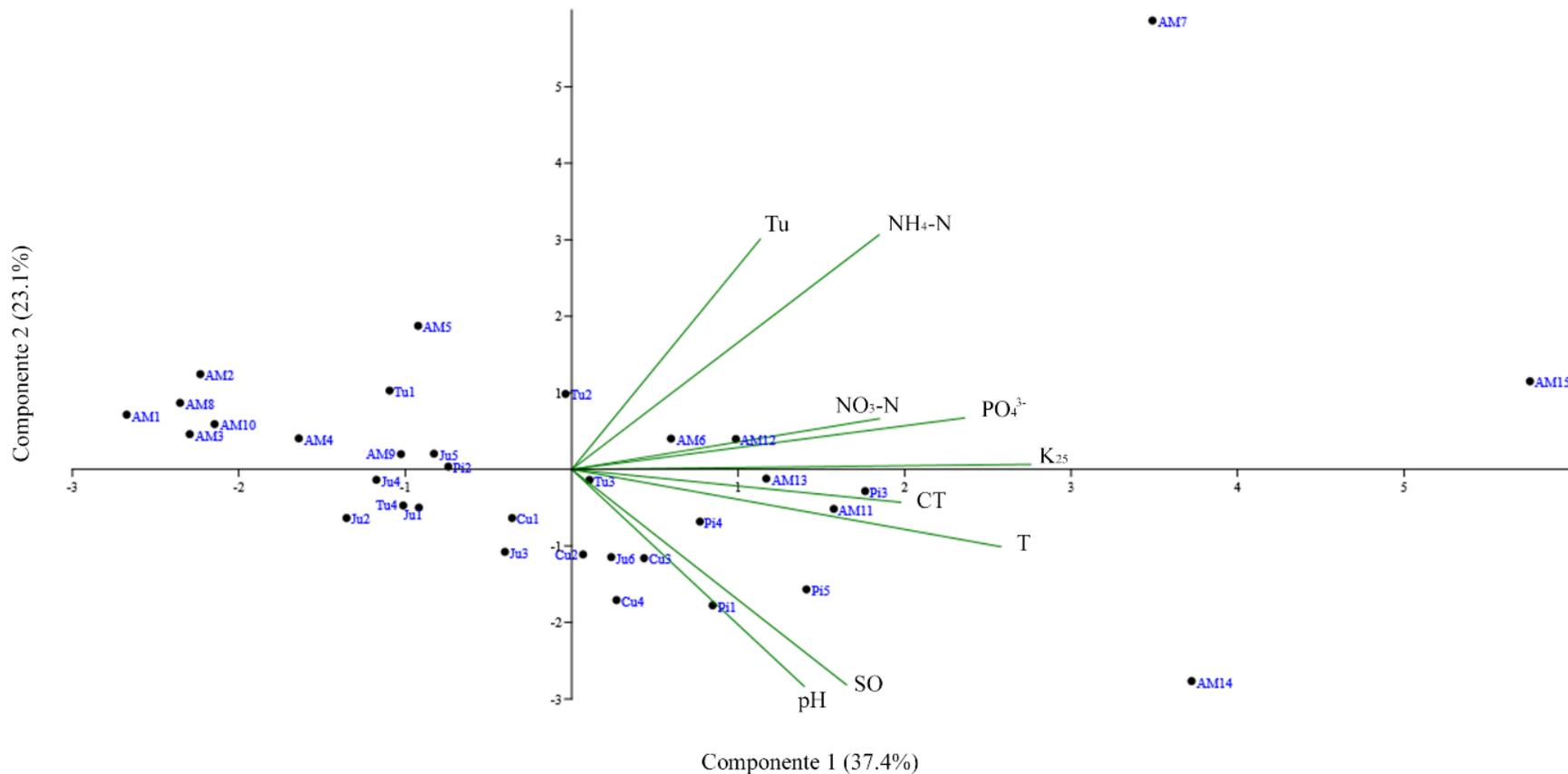


FIGURA 2. Análisis de componentes principales de los sitios de muestreo y parámetros ambientales. Temperatura (T), conductividad (K_{25}), saturación de oxígeno (SO), turbidez (Tu), bacterias coliformes totales (CT), nitrato-nitrógeno ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonio-nitrógeno ($\text{NH}_3^+\text{-N}$), ortofosfatos (PO_4^{3-}). Los códigos de los sitios corresponden a la Tabla 1.

4.2 Cantidad de agua

La estimación del caudal en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta durante la época de secas fue de entre 0.001 y 2.88 m³/s (Tabla 3, Fig. 3). En la parte más alta de la cuenca Ameca-Mascota se registraron valores de entre 0.002 y 0.023 m³/s en el Bosque de Arce (AM1-AM4). En el sitio AM7 el agua ya se encontraba estancada, terminando el flujo de agua de este escurrimiento en este sitio, pues el resto del cauce se encontraba seco. Los sitios AM8-10 corresponden a partes elevadas en la cuenca, cercanas a los manantiales por lo que los caudales que se registraron fueron bajos (0.004-0.067 m³/s). En la parte baja de la cuenca el sitio AM11 recoge el agua de casi todos los escurrimientos de la cuenca, con el mayor caudal registrado entre las cinco cuencas monitoreadas (2.88 m³/s).

En la cuenca Pitillal se registró un mayor caudal en la parte alta del escurrimiento principal en el sitio Pi1 que en los sitios Pi2-4 ubicados en un tributario aguas abajo. Aun así, es preocupante que en la parte baja de la cuenca en el sitio Pi5 el caudal fuera elevado (1.158 m³/s) recogiendo las aguas de los tributarios de la cuenca, mientras que el sitio aguas abajo (Pi6) se encontró completamente seco. En la cuenca Cuale se registró un comportamiento similar al Pitillal, incrementando el caudal hacia la parte baja de la cuenca de los sitios Cu1 a Cu3 (0.64-1.92 m³/s), sin embargo, en la parte más baja en Cu4 el caudal disminuye considerablemente (0.541 m³/s).

En la cuenca las Junta el caudal incrementa uniformemente entre los sitios Ju1-Ju3 y Ju6 (0.87-2.01 m³/s), mientras que los escurrimientos que provienen de Ju4 y Ju5 aportan un caudal de 0.14 y 0.007 m³/s respectivamente.

En la cuenca El Tuito el caudal en los sitios Tu1 a Tu3 (0.028-0.129 m³/s) fue menor al del escurrimiento en donde se encontró Tu4 (0.58 m³/s).

TABLA 3. Resultados de la estimación del caudal en los sitios de monitoreo en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Código	Caudal (m ³ /s)
AM1	0.004
AM2	0.002
AM3	0.015
AM4	0.023
AM5	0.029
AM6	0.040
AM7	0.001
AM8	0.067
AM9	0.035

Código	Caudal (m ³ /s)
AM10	0.004
AM11	2.880
AM12	0.007
AM13	0.003
AM14	0.009
AM15	0.192
Pi1	0.746
Pi2	0.046
Pi3	0.015
Pi4	0.052
Pi5	1.158
Pi6	Seco
ES	*
Cu1	0.640
Cu2	1.745
Cu3	1.942
Cu4	0.541
Ju1	0.871
Ju2	1.960
Ju3	1.123
Ju4	0.139
Ju5	0.007
Ju6	2.010
Tu1	0.028
Tu2	0.129
Tu3	0.106
Tu4	0.581

* En el estero El Salado no se registró flujo de agua.

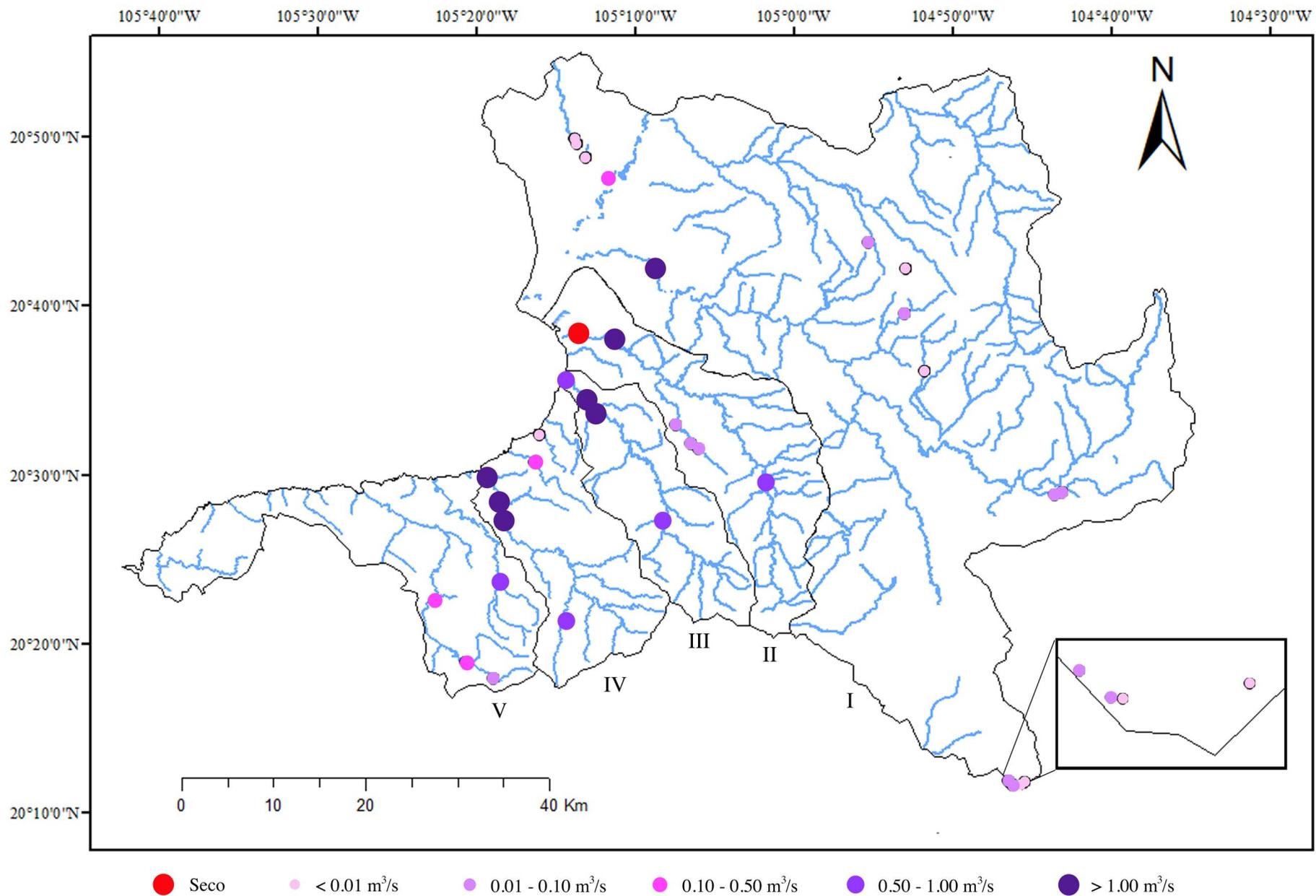


FIGURA 3. Caudal registrado durante la temporada de secas en 35 sitios monitoreados de las cuencas I Ameca-Mascota, II Pitilla, III Cuale, IV Las Juntas y V El Tuito, que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

4.3 Parámetros paisajísticos

4.3.1 Calidad hidromorfológica

El grado de naturalidad o conservación del cauce evaluado con el índice HYQI en las cinco cuencas tuvo en su mayoría una categoría muy buena (39%) y buena (28%). Los sitios en los que se encontró una degradación hidromorfológica obtuvieron, en su mayoría, una categoría media (28%), mientras que únicamente 2 sitios tuvieron una categoría mala (Tabla 4, Fig. 4).

En la cuenca Ameca-Mascota los sitios AM1-AM6 y AM8-AM12 presentaron una Muy Buena calidad, conservando la naturalidad del cauce, mientras que en el sitio AM7 se obtuvo una calidad Media, debido a la baja calificación del apartado de cuenca, dada por la remoción de la vegetación nativa y del sustrato natural, del desarrollo de la ganadería en la zona, así como por presentar señales de erosión en el canal fluvial. En los sitios AM13-AM15, también con una categoría Media, se obtuvieron bajos puntajes debido a la presencia de presas, canalización y el vertido de aguas negras directo al río.

En la cuenca Pitillal los sitios Pi1, Pi2 y Pi4 presentaron una Muy Buena calidad, mientras que en Pi3 la calidad bajó a Media debido a la remoción de cobertura vegetal nativa, al vertido de aguas negras directo al río y la presencia de asentamientos en el margen del río. En el sitio Pi5 la calidad Media respondió a la remoción de cobertura vegetal nativa en una de las riberas, y al desarrollo humano en la misma, en donde incluso se registró una mina de materiales. El sitio Pi6 tuvo una categoría Mala, este sitio ubicado en la zona urbana de Puerto Vallarta presentó una alteración completa en la vegetación nativa, así como modificaciones por las construcciones en los márgenes del río. En el estero El Salado el manglar estuvo muy bien conservado.

En la cuenca Cuale se obtuvo una Muy Buena calidad en los sitios Cu1-Cu3, mientras que en el sitio Cu4 se presentó una calidad Media debido a las modificaciones en las orillas del cauce por asentamientos humanos que además de la contaminación con basura y escombros, remueven la vegetación nativa y modifican los bancos del río.

En la cuenca Las Juntas los sitios Ju1-Ju5 presentaron una Muy Buena calidad, mientras que el sitio en la desembocadura en Boca de Tomatlán (Ju6) presentó una calidad media debido a las modificaciones que los asentamientos humanos provocan en el margen del río como la remoción de la vegetación nativa, la contaminación con basuras y escombros y los caminos que cruzan el río.

En la cuenca El Tuito se obtuvo una Muy Buena calidad en los sitios Tu1 y Tu4, mientras que en Tu2 en la zona urbana la calidad fue Mala debido a la remoción de la vegetación nativa y las alteraciones

en los bancos del río. Esta calidad se recupera un poco en el sitio Tu3 en donde se observaron áreas erosionadas y un importante desarrollo agrícola.

TABLA 4. Resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica utilizando el índice HYQI en los sitios de monitoreo en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Código	Cuenca	Hidrología	Perturbaciones antropogénicas	HYQI (puntos)	Categoría
AM1	40	31	40	111	Muy Buena
AM2	40	31	40	111	Muy Buena
AM3	40	34	40	114	Muy Buena
AM4	27	31	37	95	Muy Buena
AM5	33	37	37	107	Muy Buena
AM6	38	37	37	112	Muy Buena
AM7	5	22	28	55	Media
AM8	40	31	34	105	Muy Buena
AM9	40	37	40	117	Muy Buena
AM10	28	31	37	96	Muy Buena
AM11	30	34	31	95	Muy Buena
AM12	32	28	37	97	Muy Buena
AM13	26	18	25	69	Media
AM14	11	12	37	60	Media
AM15	16	25	16	57	Media
Pi1	38	40	31	109	Muy Buena
Pi2	34	34	31	99	Muy Buena
Pi3	22	28	16	66	Media
Pi4	26	34	28	88	Muy Buena
Pi5	29	28	25	82	Media
Pi6	18	8	19	45	Mala
ES	31	25	37	93	Muy Buena
Cu1	35	30	28	93	Muy Buena
Cu2	40	34	34	108	Muy Buena
Cu3	40	34	31	105	Muy Buena
Cu4	18	16	25	59	Media
Ju1	40	40	37	117	Muy Buena
Ju2	40	31	34	105	Muy Buena
Ju3	28	37	28	93	Muy Buena
Ju4	40	30	34	104	Muy Buena
Ju5	40	18	37	95	Muy Buena
Ju6	18	28	23	69	Media
Tu1	35	28	34	97	Muy Buena
Tu2	4	3	19	26	Mala
Tu3	24	25	25	74	Media
Tu4	38	31	37	106	Muy Buena

Categorías: Muy Buena >100 puntos; Buena 85-100 puntos; Media 47-84 puntos; Mala 13-46 puntos; Muy Mala <12 puntos.

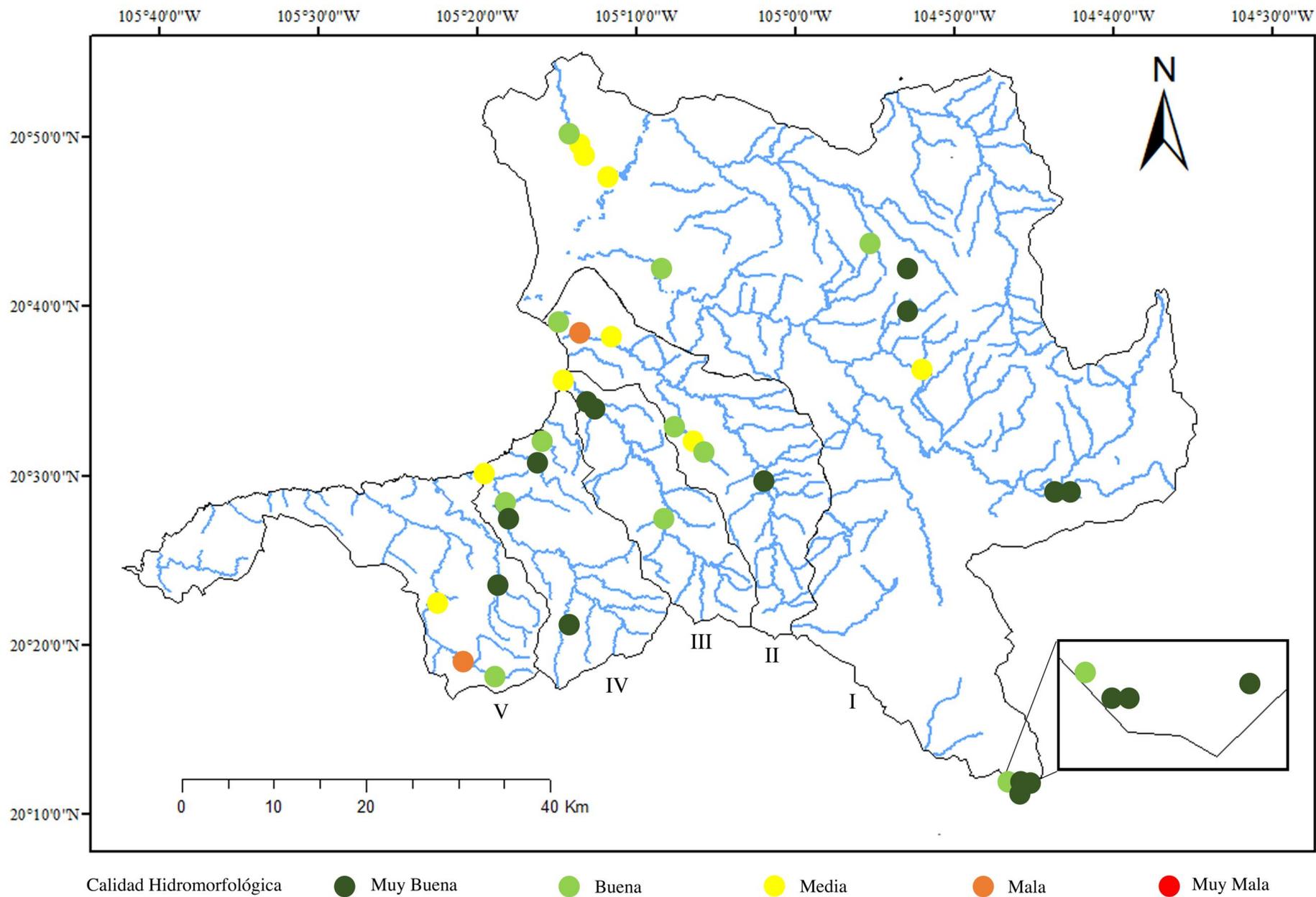


FIGURA 4. Calidad hidromorfológica evaluada con el índice HYQI durante la temporada de secas en los 36 sitios monitoreados de las cuencas I Ameca-Mascota, II Pitilla, III Cuale, IV Las Juntas y V El Tuito, que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

4.3.2 *Calidad de vegetación de ribera*

La calidad de la vegetación de ribera en las cinco cuencas monitoreadas presentó en su mayoría sitios con calidad Muy Buena (42%) o Buena (25%), mientras que los sitios con un estado de conservación degradado presentaron calidades Media (6%), Mala (8%) y Muy mala (19%) (Tabla 5, Fig. 5).

En la cuenca Ameca-Mascota los sitios de la parte alta mantuvieron una Muy Buena calidad (AM1-AM3, AM5, AM6, AM8, AM9). El sitio AM7 presentó una Muy Mala calidad debido a la deforestación de la ribera por las actividades ganaderas desarrolladas en el predio. En el sitio AM10-AM12 la calidad fue Buena. En los sitios AM13-15 la calidad de la vegetación se vio afectada por los asentamientos humanos en los márgenes del río, así como por la intensa actividad agrícola que llega hasta la orilla de las riberas.

En la cuenca Pitillal en la parte alta se obtuvo una Buena calidad en los sitios Pi1 y Pi2, mientras que en el sitio Pi3 la actividad ganadera provocó la deforestación de la ribera. En los sitios Pi4 y Pi5 la calidad fue Media, pues los asentamientos humanos en los márgenes del río suelen remover la cobertura vegetal nativa. En el sitio Pi6 ubicado en la zona urbana, la calidad fue Muy Mala, debido a la remoción casi completa de la vegetación de ribera por los asentamientos humanos. La calidad fue muy buena en el estero El Salado.

En la cuenca Cuale se obtuvo una Muy Buena calidad en la parte alta y media (Cu1-Cu3), sin embargo, en la parte baja y urbana de la cuenca (Cu4) la calidad fue Muy Mala, de nuevo por la remoción casi completa de la cobertura vegetal nativa debido a los asentamientos humanos en los márgenes del río.

En la cuenca Las Juntas se obtuvo una buena calidad en el sitio Ju1 debido a la presencia de un puente vehicular que cruza el río, aunque la vegetación de ribera se encontraba bien conservada. En los sitios Ju2 y Ju5 se obtuvieron Muy Buenas calidades. En los sitios Ju3 y Ju6 se obtuvieron calidades Mala y Muy Mala respectivamente, de nuevo debido a la remoción de la cobertura vegetal por los asentamientos humanos en los márgenes del río.

En la cuenca El Tuito se obtuvo una Muy Buena calidad en los sitios Tu1 y Tu3, así como Buena calidad en Tu4. En el sitio Tu2 ubicado en el poblado El Tuito, se observó la pérdida de cobertura vegetal por asentamientos humanos y cultivos en los márgenes del río.

TABLA 5. Resultados de la evaluación de la calidad de la vegetación de ribera utilizando el índice QBR en los sitios de monitoreo en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Código	Grado de cubierta vegetal	Estructura de la cubierta vegetal	Calidad de la cubierta vegetal	Grado de naturalidad	QBR (puntos)	Categoría
AM1	25	25	25	25	100	Muy buena
AM2	25	25	25	25	100	Muy buena
AM3	25	25	25	25	100	Muy buena
AM4	15	25	25	15	80	Buena
AM5	25	25	25	25	100	Muy buena
AM6	25	25	25	25	100	Muy buena
AM7	0	0	0	25	25	Muy Mala
AM8	25	25	25	25	100	Muy buena
AM9	25	25	25	25	100	Muy buena
AM10	25	25	15	25	90	Buena
AM11	15	20	25	25	85	Buena
AM12	15	20	25	25	85	Buena
AM13	5	15	25	0	45	Mala
AM14	0	0	0	25	25	Muy Mala
AM15	0	5	5	25	35	Mala
Pi1	25	25	25	15	90	Buena
Pi2	15	25	25	10	75	Buena
Pi3	0	5	0	10	15	Muy Mala
Pi4	10	10	25	10	55	Media
Pi5	5	15	10	25	55	Media
Pi6	0	0	0	0	0	Muy Mala
ES	25	25	25	25	100	Muy buena
Cu1	25	25	25	25	100	Muy buena
Cu2	25	25	25	25	100	Muy buena
Cu3	25	25	25	25	100	Muy buena
Cu4	0	0	5	0	5	Muy Mala
Ju1	25	25	25	15	90	Buena
Ju2	25	25	25	25	100	Muy buena
Ju3	5	10	25	10	50	Mala
Ju4	25	25	20	5	75	Buena
Ju5	25	25	25	25	100	Muy buena
Ju6	0	0	10	10	20	Muy Mala
Tu1	25	25	25	25	100	Muy buena
Tu2	0	0	0	0	0	Muy Mala
Tu3	20	25	25	25	95	Muy buena
Tu4	25	25	25	15	90	Buena

Categorías: Muy Buena ≥ 95 puntos; Buena 75-90 puntos; Media 55-70 puntos; Mala 30-50 puntos; Muy Mala ≤ 25 puntos.

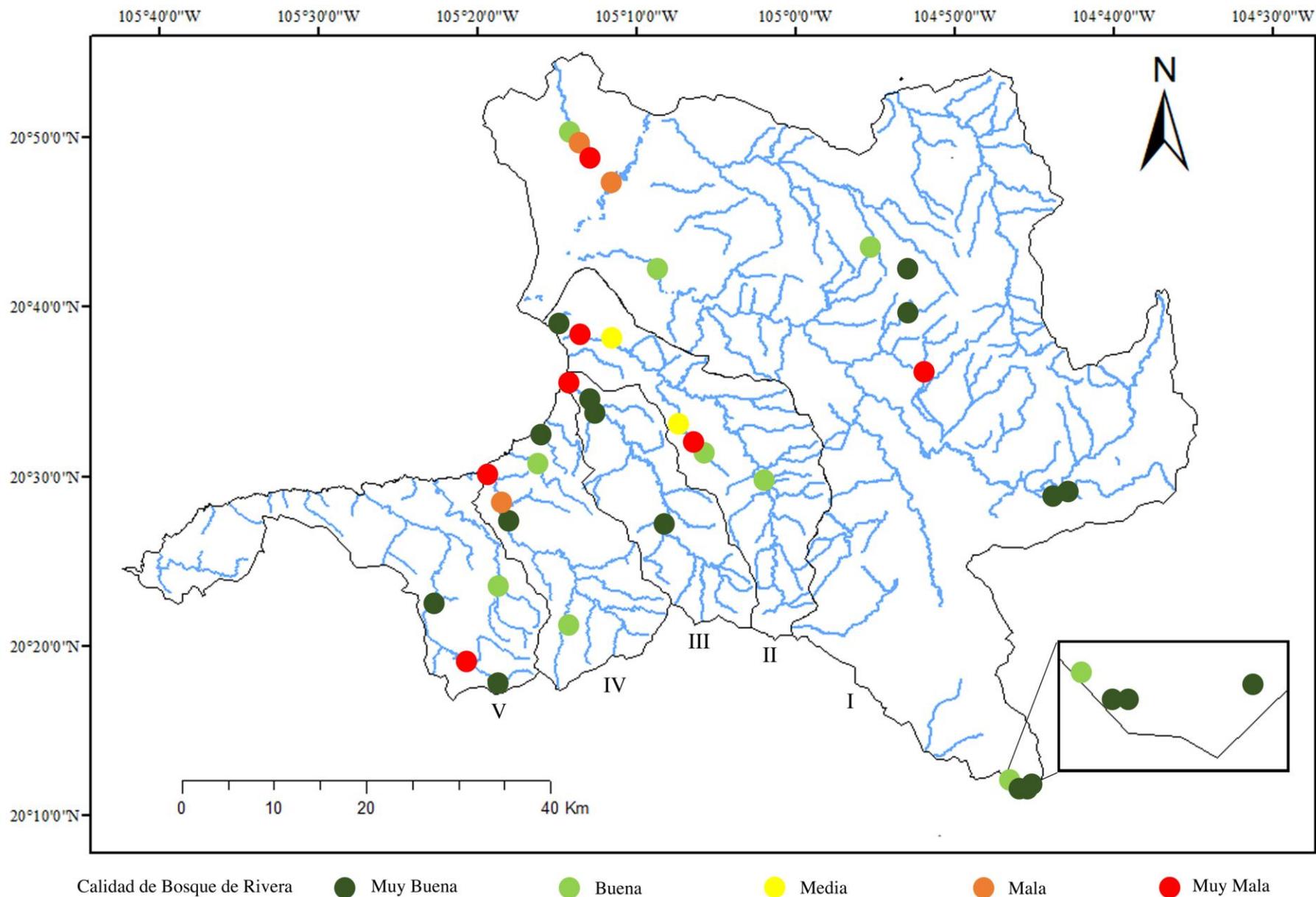


FIGURA 5. Calidad de bosque de ribera evaluada con el índice QBR, registrada durante la temporada de secas en los 36 sitios monitoreados de las cuencas I Ameca-Mascota, II Pitilla, III Cuale, IV Las Juntas y V El Tuito, que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

4.4 Diatomeas bentónicas

La diversidad de diatomeas bentónicas registrada en los 36 sitios monitoreados en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta consistió en tres clases, seis subclases, 18 órdenes, 34 familias, 70 géneros y 274 especies (Tabla 6). La clase Bacillariophyceae y subclase Bacillariophycidae fueron las más diversas, en esta última los órdenes más diversos fueron Naviculales, Cymbellales y Bacillariales (Fig. 6). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Navicula* (34) y *Nitzschia* (27). En general la diversidad de diatomeas estuvo representada por especies que prefieren aguas cálidas, alcalinas y con moderada conductividad.

La cuenca Ameca-Mascota, la cual contó con el mayor número de sitios muestreados, presentó la mayor riqueza de especies (214), seguida por Pitillal (146), El Tuito (93), Las Juntas (84) y Cuale (71).

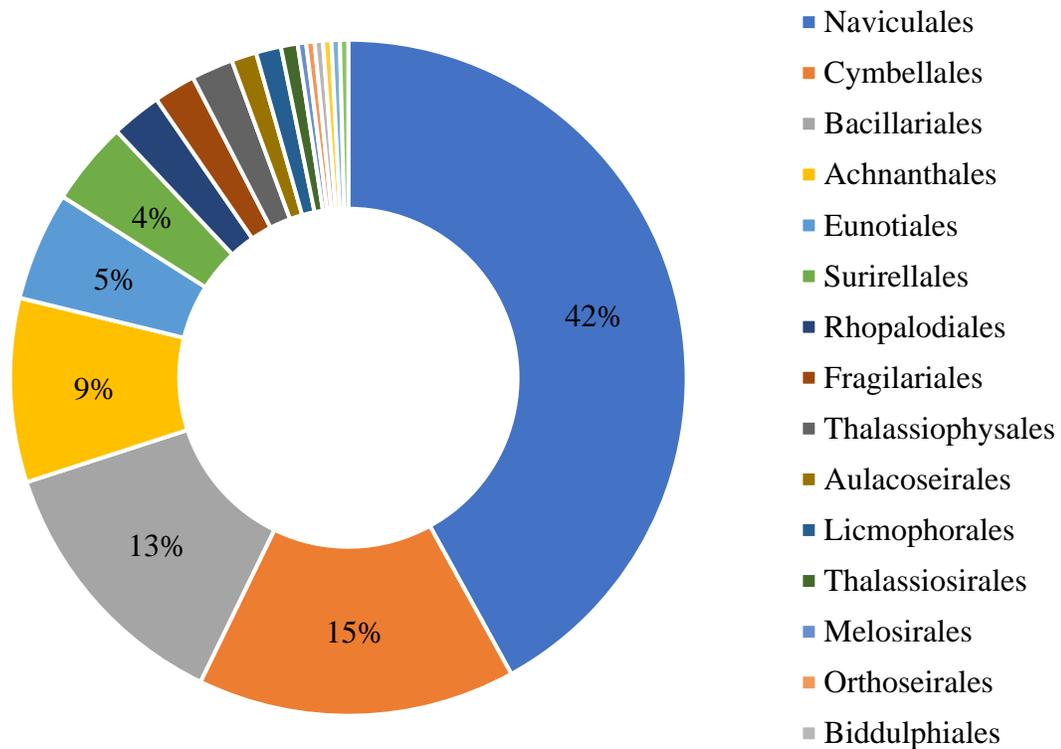


FIGURA 6. Distribución de la diversidad de especies de diatomeas bentónicas por orden en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco

TABLA 6. Clasificación taxonómica de las diatomeas bentónicas registradas en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura			
Coccinodiscophyceae	Coccinodiscophycidae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, 1979	7 A			
				<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	7 B			
				<i>Aulacoseira pusilla</i> (Meister) Tuji & Houki, 2004	7 C			
		Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i> C.Agardh, 1827	7 D			
		Orthoseirales	Orthoseiraceae	<i>Orthoseira</i> sp. 1	7 E			
Mediophyceae	Biddulphiophycidae	Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg, 1843	7 F			
	Thalassiosirophycidae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère, 1982	7 G			
		Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee, 2004	7 H			
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Conticribra weissflogii</i> (Grunow) Stachura-Suchoples & D.M.Williams, 2009	7 I			
			<i>Stephanocyclus meneghiniana</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek, 2022	7 J				
Bacillariophyceae	Fragilariophycidae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp. 1	8 A			
				<i>Fragilaria</i> sp. 2	8 B			
				<i>Fragilaria</i> sp. 3	8 C			
				<i>Punctastriata mimetica</i> E.Morales, 2005	8 D			
				<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow, 1880	8 E			
				Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Tabularia</i> sp. 1	8 F	
				<i>Ulnaria biceps</i> (Kützing) Compère, 2001	8 G			
				<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère, 2001	8 H			
				Eunotiophycidae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg, 1843	8 I
							<i>Eunotia braendlei</i> Lange-Bertalot & Werum, 2004	8 J
	<i>Eunotia implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot & Alles, 1991	8 K						
	<i>Eunotia subarcuatooides</i> Alles, Nörpel & Lange-Bertalot, 1991	8 L						
	<i>Eunotia</i> sp. 1	8 M						
	<i>Eunotia</i> sp. 2	9 A						
	<i>Eunotia</i> sp. 3	9 B						
	<i>Eunotia</i> sp. 4	9 C						
	<i>Eunotia</i> sp. 5	9 D						
	<i>Eunotia</i> sp. 6	9 E						
<i>Eunotia</i> sp. 7	9 F							
<i>Eunotia</i> sp. 8	9 G							

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Eunotia</i> sp. 9	9 H
	Bacillariophycidae	Achnanthes	Achnantheaceae	<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow, 1867	10 A
				<i>Achnanthes</i> sp. 1	22 A
				<i>Achnanthes</i> sp. 2	22 B
			Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> sp. 1	10 B
				<i>Achnanthidium</i> sp. 2	10 C
				<i>Achnanthidium</i> sp. 3	10 D
				<i>Achnanthidium</i> sp. 4	10 E
				<i>Achnanthidium</i> sp. 5	10 F
				<i>Achnanthidium</i> sp. 6	10 G
				<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy & Kociolek, 2020	10 H
				<i>Gogorevia</i> sp. 1	10 I
				<i>Lemnicola hungarica</i> Round & Basson, 1997	10 J
				<i>Planothidium cryptolanceolatum</i> R.Jahn & N.Abarca, 2017	10 K
				<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, 1999	10 L
				<i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) Lange-Bertalot, 2006	10 M
				<i>Planothidium potapovae</i> C.E.Wetzel & Ector, 2019	10 N
				<i>Planothidium robustum</i> (Hustedt) Lange-Bertalot, 1999	10 O
				<i>Planothidium rostratoholarticum</i> Lange-Bertalot & Bak, 2015	10 P
				<i>Planothidium</i> sp. 1	10 Q
				<i>Platessa bahlsii</i> Potapova, 2012	10 R
				<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot, 2004	10 S
			Cocconeidaceae	<i>Cocconeis cascadiensis</i> Stancheva, 2018	10 T
				<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838	10 U
				<i>Cocconeis</i> sp. 1	10 V
		Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Decussiphycus placenta</i> (Ehrenberg) Guiry & Gandhi, 2019	11 A
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura chipasensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998	11 B
				<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing, 1844	11 C
				<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer, 1996	11 D
				<i>Frustulia neomundana</i> Lange-Bertalot & Rumrich, 2000	11 E
				<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni, 1891	11 F

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Frustulia</i> sp. 1	11 G
			Berkeleyaceae	<i>Parlibellus</i> sp. 1	11 H
			Brachysiraceae	<i>Nupela metzeltinii</i> Tremarin & Ludwig, 2015	11 I
				<i>Nupela praecipuoides</i> Tremarin & Ludwig, 2015	11 J
			Diadesmidaceae	<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing, 1844	11 K
				<i>Humidophila contenta</i> (Gruniw) R.L.Lowe & al., 2014	11 L
				<i>Humidophila</i> sp. 1	11 M
				<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G.Mann ex .Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund, 2017	12 A
				<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann, 1990	12 B
				<i>Luticola</i> sp. 1	12 C
				<i>Luticola</i> sp. 2	12 D
			Diploneidaceae	<i>Diploneis caffra</i> (Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, 2000	22 C
				<i>Diploneis</i> sp. 1	12 E
			Naviculaceae	<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot, 1999	12 F
				<i>Adlafia suchlandtii</i> (Hustedt) Monnier & Ector, 2012	12 G
				<i>Caloneis</i> sp.1	12 H
				<i>Caloneis</i> sp.2	12 I
				<i>Caloneis</i> sp.3	12 J
				<i>Caloneis</i> sp.4	12 K
				<i>Caloneis</i> sp.5	12 L
				<i>Caloneis</i> sp.6	12 M
				<i>Caloneis</i> sp.7	12 N
				<i>Chamaepinnularia evanida</i> (Hustedt) Lange-Bertalot, 1996	12 O
				<i>Geissleria punctifera</i> (Hustedt) Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, 2005	12 P
				<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve, 1894	12 Q
				<i>Gyrosigma</i> sp. 1	22 D
				<i>Hippodonta</i> sp. 1	12 R
				<i>Hippodonta</i> sp. 2	12 S
				<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich, 2000	12 T
				<i>Navicula angusta</i> Grunow, 1860	12 U

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Navicula canalis</i> R.M.Patrick, 1944	12 V
				<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain, 1986	12 W
				<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing, 1844	12 X
				<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot, 1985	12 Y
				<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot, 1985	12 Z
				<i>Navicula escambia</i> (R.M.Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007	12 AA
				<i>Navicula fernandae</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, 2005	12 AB
				<i>Navicula gregaria</i> Donkin, 1861	12 AC
				<i>Navicula incarum</i> U.Rumrich & Lange-Bertalot, 2000	12 AD
				<i>Navicula ingapirca</i> Lange-Bertalot & Rumrich, 2000	12 AE
				<i>Navicula lohmanii</i> Lange-Bertalot & U.Rumrich, 2000	13 A
				<i>Navicula longicephala</i> Hustedt, 1944	13 B
				<i>Navicula notha</i> J.H.Wallace, 1960	13 C
				<i>Navicula radiosa</i> Kützing, 1844	13 D
				<i>Navicula recens</i> Lange-Bertalot, 1985	13 E
				<i>Navicula rostellata</i> Kützing, 1844	13 F
				<i>Navicula subrhynchocephala</i> Hustedt, 1935	13 G
				<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt, 1937	13 H
				<i>Navicula veneta</i> Kützing, 1844	13 I
				<i>Navicula vilaplanii</i> (Lange-Bertalot & Sabater) Lange-Bertalot & Sabater, 2000	13 J
				<i>Navicula viridulacalcis</i> Lange-Bertalot, 2000	13 K
				<i>Navicula</i> sp. 1	13 L
				<i>Navicula</i> sp. 2	13 M
				<i>Navicula</i> sp. 3	13 N
				<i>Navicula</i> sp. 4	13 O
				<i>Navicula</i> sp. 5	22 E
				<i>Navicula</i> sp. 6	22 F
				<i>Navicula</i> sp. 7	22 G
				<i>Navicula</i> sp. 8	22 H
				<i>Navicula</i> sp. 9	22 I
				<i>Navicula</i> sp. 10	22 J

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Navicula</i> sp. 11	22 K
				<i>Navigeia decussis</i> (Østrup) Bukhtiyarova, 2013	13 P
				<i>Seminavis robusta</i> D.B.Danielidis & D.G.Mann, 2002	22 L
				<i>Seminavis</i> sp. 1	13 Q
			Neidiaceae	<i>Neidium</i> sp. 1	13 R
				<i>Neidium</i> sp. 2	13 S
				<i>Neidium</i> sp. 3	14 A
				<i>Neidium</i> sp. 4	14 B
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg, 1843	14 C
				<i>Pinnularia erratica</i> Krammer, 2000	14 D
				<i>Pinnularia stidolphii</i> Krammer, 2000	14 E
				<i>Pinnularia</i> sp. 1	14 F
				<i>Pinnularia</i> sp. 2	14 G
				<i>Pinnularia</i> sp. 3	14 H
				<i>Pinnularia</i> sp. 4	14 I
				<i>Pinnularia</i> sp. 5	14 J
				<i>Pinnularia</i> sp. 6	14 K
				<i>Pinnularia</i> sp. 7	15 A
				<i>Pinnularia</i> sp. 8	15 B
				<i>Pinnularia</i> sp. 9	15 C
				<i>Pinnularia</i> sp. 10	15 D
				<i>Pinnularia</i> sp. 11	15 E
				<i>Pinnularia</i> sp. 12	15 F
			Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma salinarum</i> (Grunow) Grunow, 1880	22 M
				<i>Pleurosigma</i> sp. 1	15 G
			Sellaphoraceae	<i>Fallacia insociabilis</i> (Krasske) D.G.Mann, 1990	15 H
				<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützinger) Stickle & D.G.Mann, 1990	15 I
				<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in Van Heurck) D.G.Mann, 1990	15 J
				<i>Fallacia</i> sp. 1	22 N
				<i>Sellaphora atomoides</i> (Grunow) Wetzel & Van de Vijver, 2015	15 K
				<i>Sellaphora fusticulus</i> (Østrup) Lange-Bertalot, 2000	15 L

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Sellaphora javanica</i> Wetzel, 2015	15 M
				<i>Sellaphora pseudopupula</i> (Krasske) Lange-Bertalot, 1996	15 N
				<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky, 1902	15 O
				<i>Sellaphora rhombicarea</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, 2005	15 P
				<i>Sellaphora saugerresii</i> (Desmazières) Wetzel & Mann, 2015	15 Q
				<i>Sellaphora stauroneioides</i> (Lange-Bertalot) Veselá & J.R.Johansen, 2009	15 R
				<i>Sellaphora tridentula</i> (Krasske) C.E.Wetzel, 2015	15 S
				<i>Sellaphora</i> sp. 1	15 T
				<i>Sellaphora</i> sp. 2	15 U
				<i>Sellaphora</i> sp. 3	15 V
				<i>Sellaphora</i> sp. 4	15 W
			Stauroneidaceae	<i>Craticula ambigua</i> D.G.Mann, 1990	15 X
				<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Mayama, 1999	15 Y
				<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E.Wetzel & Ector, 2015	15 Z
				<i>Fistulifera</i> sp. 1	15 AA
			Stauroneidaceae	<i>Stauroneis bobvjergii</i> Reimer, 1990	16 A
				<i>Stauroneis</i> sp. 1	16 B
				<i>Stauroneis</i> sp. 2	16 C
				<i>Stauroneis</i> sp. 3	16 D
				<i>Stauroneis</i> sp. 4	16 E
		Cymbellales	Anomoeoneidaceae	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer, 1871	16 F
			Cymbellaceae	<i>Cymbella kolbei</i> Hustedt, 1949	16 G
				<i>Cymbella mexicana</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	16 H
				<i>Cymbella tropica</i> Krammer, 2002	16 I
				<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson ex Kützing) Van Heurck, 1980	16 J
				<i>Cymbella turgidula</i> Grunow, 1875	16 K
				<i>Cymbella</i> sp. 1	17 A
				<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerwald) Krammer, 2003	17 B
				<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann, 1990	17 C
				<i>Encyonema minutum</i> var. <i>pseudogracilis</i> (Cholnoky) Czarneckii	17 D
				<i>Encyonema pergracile</i> Krammer, 1997	17 E

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Encyonema</i> sp. 1	17 F
				<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & E.Reichardt, 1997	17 G
				<i>Placoneis elegans</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, 2005	17 H
				<i>Placoneis paraelginensis</i> Lange-Bertalot, 2000	17 I
				<i>Placoneis symmetrica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot, 2005	17 J
				<i>Placoneis undulata</i> (Østrup) Lange-Bertalot, 2000	17 K
				<i>Placoneis witkowskii</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, 2005	17 L
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg, 1832	17 M
				<i>Gomphonema affine</i> Kützing, 1844	17 N
				<i>Gomphonema commutatum</i> Grunow, 1880	17 O
				<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing, 1844	17 P
				<i>Gomphonema laticollum</i> E.Reichardt, 2001	17 Q
				<i>Gomphonema mexicanum</i> Grunow, 1880	18 A
				<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing, 1849	18 B
				<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) E.Reichardt & Lange-Bertalot, 1991	18 C
				<i>Gomphonema</i> sp. 1	18 D
				<i>Gomphonema</i> sp. 2	18 E
				<i>Gomphonema</i> sp. 3	18 F
				<i>Gomphonema</i> sp. 4	18 G
				<i>Gomphonema</i> sp. 5	18 H
				<i>Gomphonema</i> sp. 6	18 I
				<i>Gomphonema</i> sp. 7	18 J
				<i>Gomphonema</i> sp. 8	18 K
			Rhoicospheniaceae	<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i> (Lange-Bertalot & E.Reichardt) Lange-Bertalot, 1995	18 L
				<i>Gomphosphenia</i> sp. 1	18 M
				<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	18 N
				<i>Rhoicosphenia</i> sp. 2	18 O
		Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald, 1986	18 P
				<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow, 1875	18 Q
				<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov, 2009	22 O

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Halamphora bicapitata</i> M.H.Hohn & Hellerman, 1966	18 R
				<i>Halamphora ghanensis</i> Levkov, 2009	18 S
				<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov, 2009	18 T
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) N.I.Hendey, 1951	18 U
				<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs, 1861	22 P
				<i>Denticula subtilis</i> Grunow, 1862	22 Q
				<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal, 2003	18 V
				<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow, 1880	18 W
				<i>Hantzschia abruptirostrata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin, 2005	18 X
				<i>Hantzschia</i> sp. 1	18 Y
				<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith, 1853	19 A
				<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862	19 B
				<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot, 1980	19 C
				<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch, 1860	19 D
				<i>Nitzschia comunis</i> Rabenhorst, 1860	19 E
				<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst, 1860	19 F
				<i>Nitzschia distans</i> W.Gregory, 1857	22 R
				<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow, 1860	19 G
				<i>Nitzschia kurzeana</i> Rabenhorst, 1873	19 H
				<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.Smith, 1853	19 I
				<i>Nitzschia media</i> Hantzsch, 1860	19 J
				<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow, 1880	19 K
				<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i> (Kützing) W.Smith, 1856	19 L
				<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i> Grunow, 1881	19 M
				<i>Nitzschia semirobusta</i> Lange-Bertalot, 1993	19 N
				<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853	19 O
				<i>Nitzschia subtilis</i> (Kützing) Grunow, 1880	19 P
				<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot, 1979	19 Q
				<i>Nitzschia tsarenkoi</i> Lange-Bertalot, 2000	19 R
				<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, 1978	19 S
				<i>Nitzschia</i> sp. 1	19 T

Clase	Subclase	Orden	Familia	Especie	Figura
				<i>Nitzschia</i> sp. 2	19 U
				<i>Nitzschia</i> sp. 3	22 S
				<i>Nitzschia</i> sp. 4	22 T
				<i>Nitzschia</i> sp. 5	22 U
				<i>Nitzschia</i> sp. 6	22 V
				<i>Nitzschia</i> sp. 7	22 W
				<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot, 1979	19 V
				<i>Tryblionella calida</i> (Grunow) D.G.Mann, 1990	19 W
				<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin, 1990	19 X
				<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara, 1873	19 Y
				<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli, 1942	19 Z
				<i>Tryblionella levidensis</i> W.Smith, 1856	19 AA
				<i>Tryblionella</i> sp. 1	22 X
		Rhopalodiales	Rhopalodicaceae	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson, 1838	20 A
				<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	20 B
				<i>Epithemia operculata</i> (C.Agardh) Ruck & Nakov, 2016	20 C
				<i>Epithemia sorex</i> Kützing, 1844	20 D
				<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	20 E
				<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>vanheurckii</i> O.Müller, 1900	20 F
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Iconella delicatissima</i> (F.W.Lewis) Ruck & Nakov, 2016	20 G
				<i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov, 2016	20 H
				<i>Iconella tenera</i> W.Gregory, 1856	20 I
				<i>Iconella</i> sp. 1	20 J
				<i>Iconella</i> sp. 2	21 A
				<i>Iconella</i> sp. 3	21 B
				<i>Surirella angusta</i> Kützing, 1844	21 C
				<i>Surirella roba</i> Lecleercq, 1983	21 D
				<i>Surirella susanae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998	21 D
				<i>Surirella</i> sp. 1	21 F

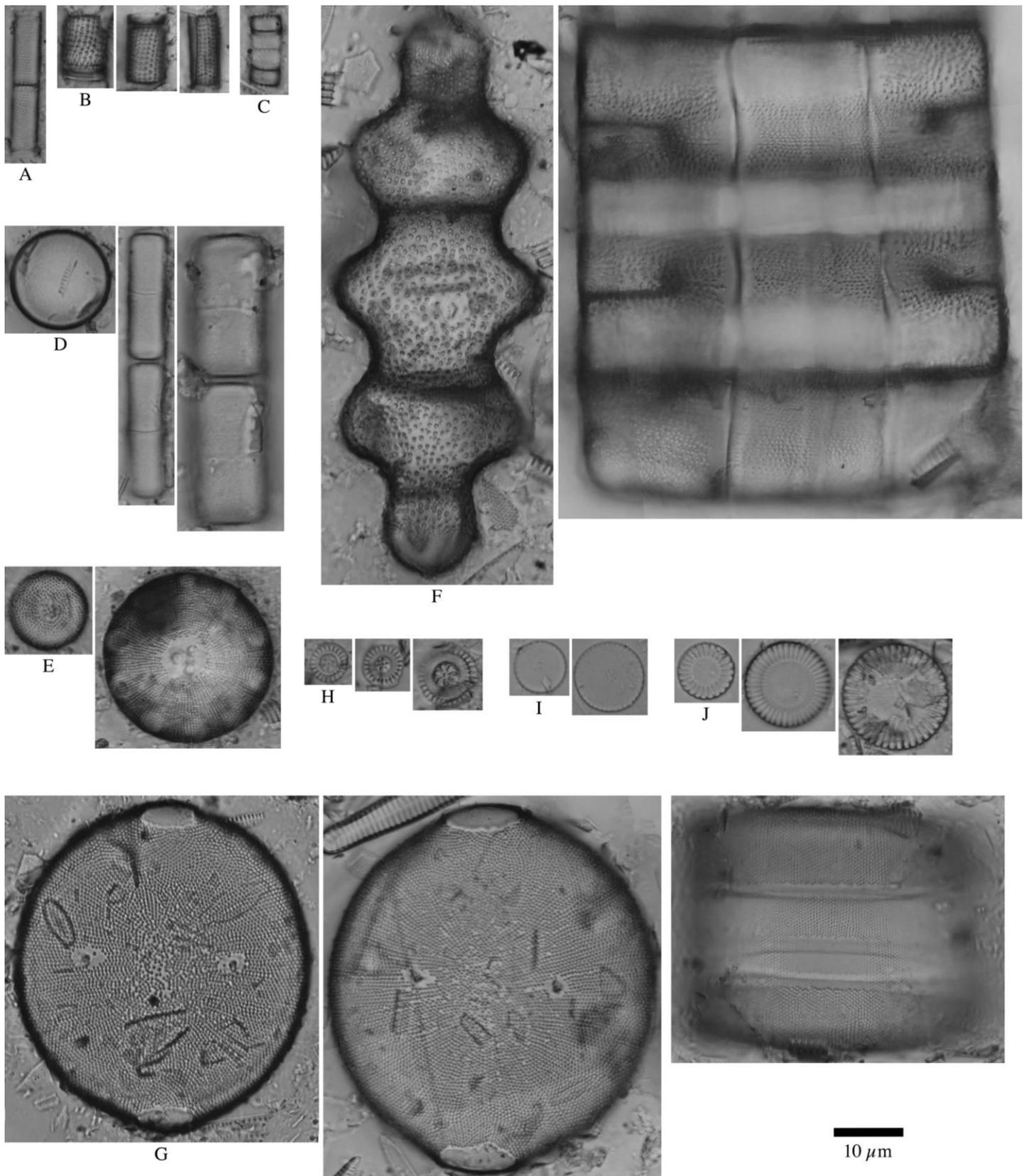


FIGURA 7. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Aulacoseira ambigua*, B) *Aulacoseira granulata*, C) *Aulacoseira pusilla*, D) *Melosira varians*, E) *Orthoseira roeseana*, F) *Terpsinoë musica*, G) *Pleurosira laevis*, H) *Discostella stelligera*, I) *Conticribra weissflogii*, J) *Stephanocyclus meneghiniana*.

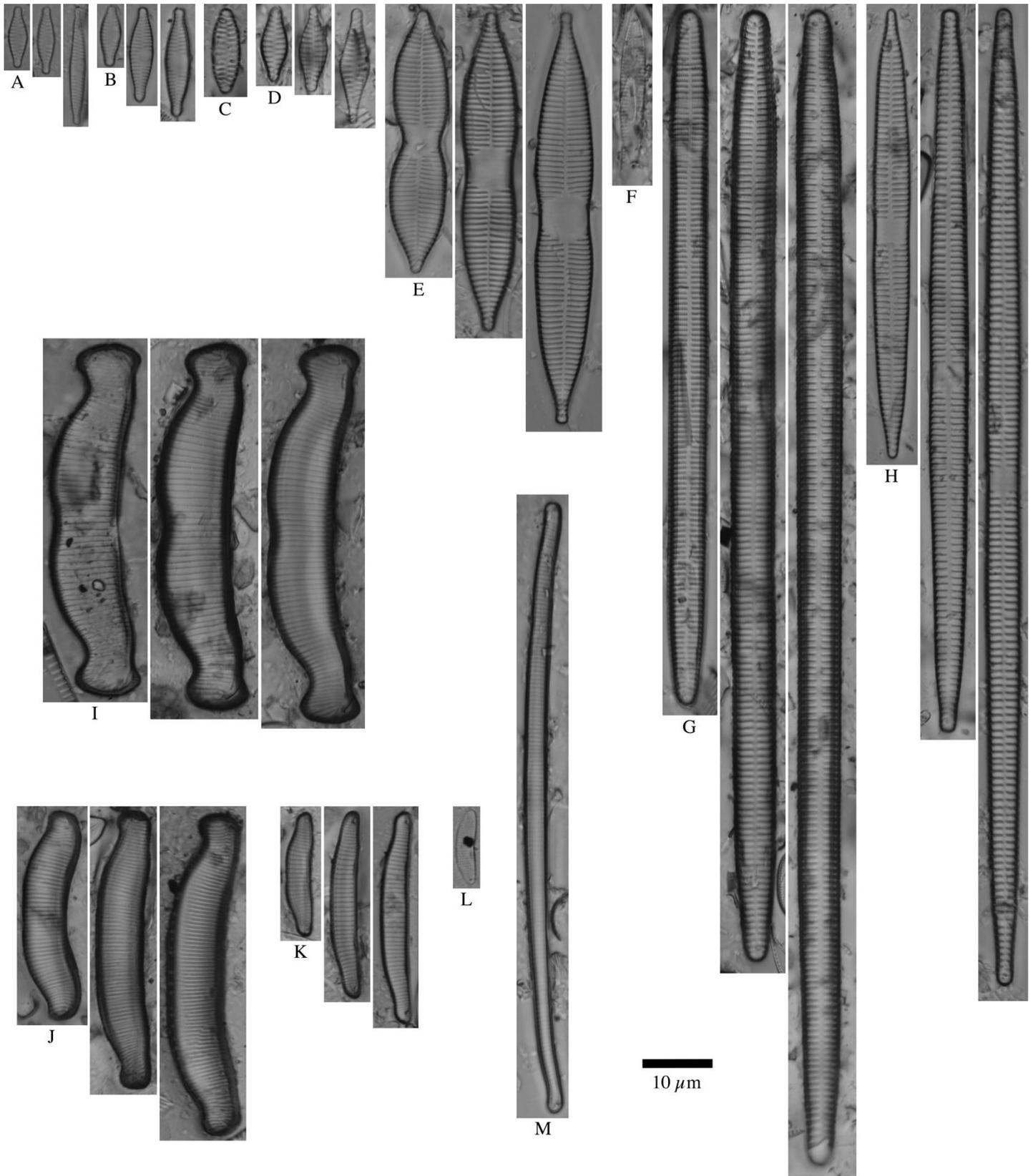


FIGURA 8. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Fragilaria* sp. 1, B) *Fragilaria* sp. 2, C) *Fragilaria* sp. 3, D) *Punctastriata mimetica*, E) *Synedra goulardii*, F) *Tabularia* sp. 1, G) *Ulnaria biceps*, H) *Ulnaria ulna*, I) *Eunotia bidens*, J) *Eunotia braendlei*, K) *Eunotia implicata*, L) *Eunotia subarcuatoides*, M) *Eunotia* sp. 1.

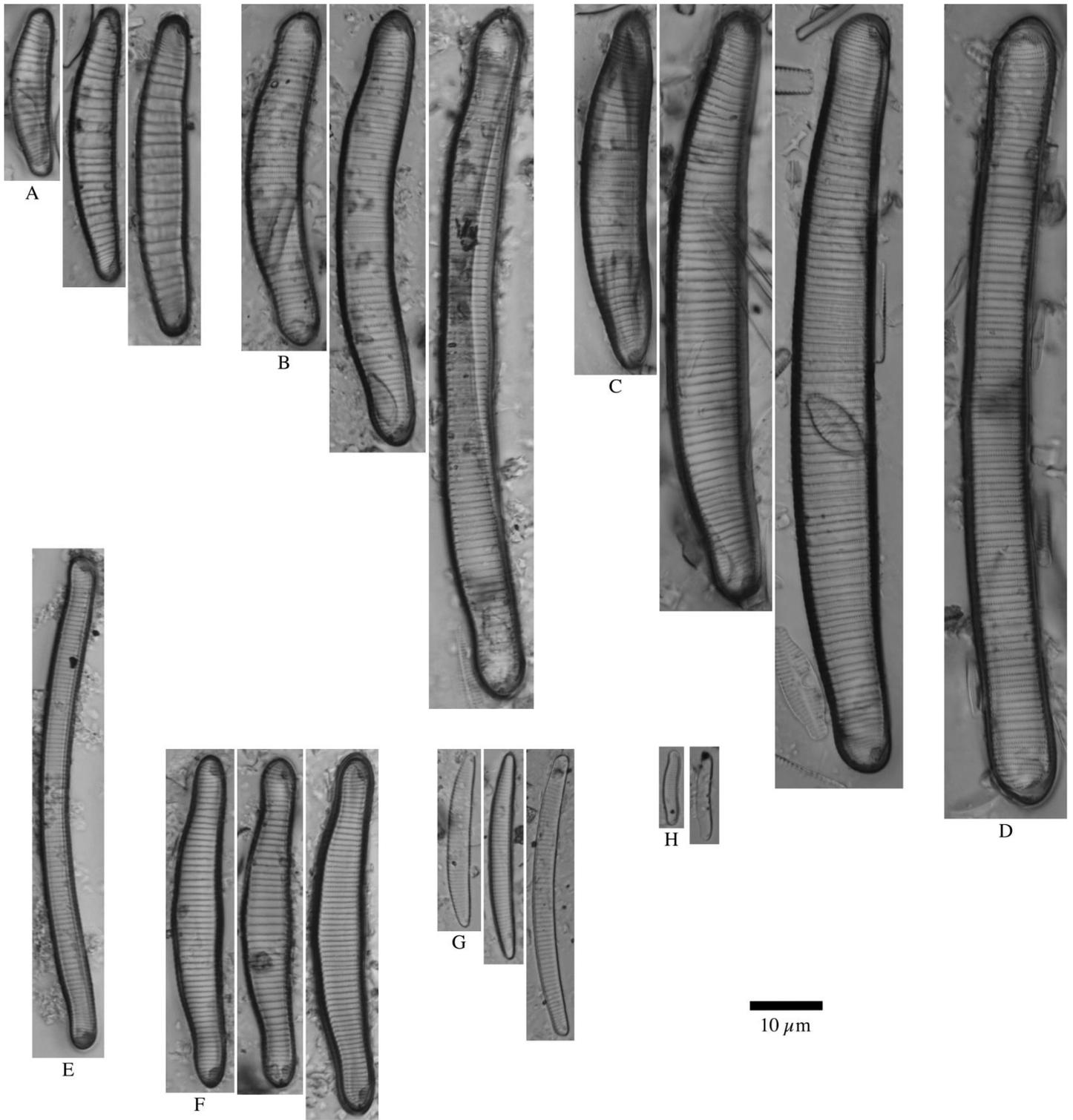


FIGURA 9. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Eunotia* sp. 2, B) *Eunotia* sp. 3, C) *Eunotia* sp. 4, D) *Eunotia* sp. 5, E) *Eunotia* sp. 6, F) *Eunotia* sp. 7, G) *Eunotia* sp. 8, H) *Eunotia* sp. 9.

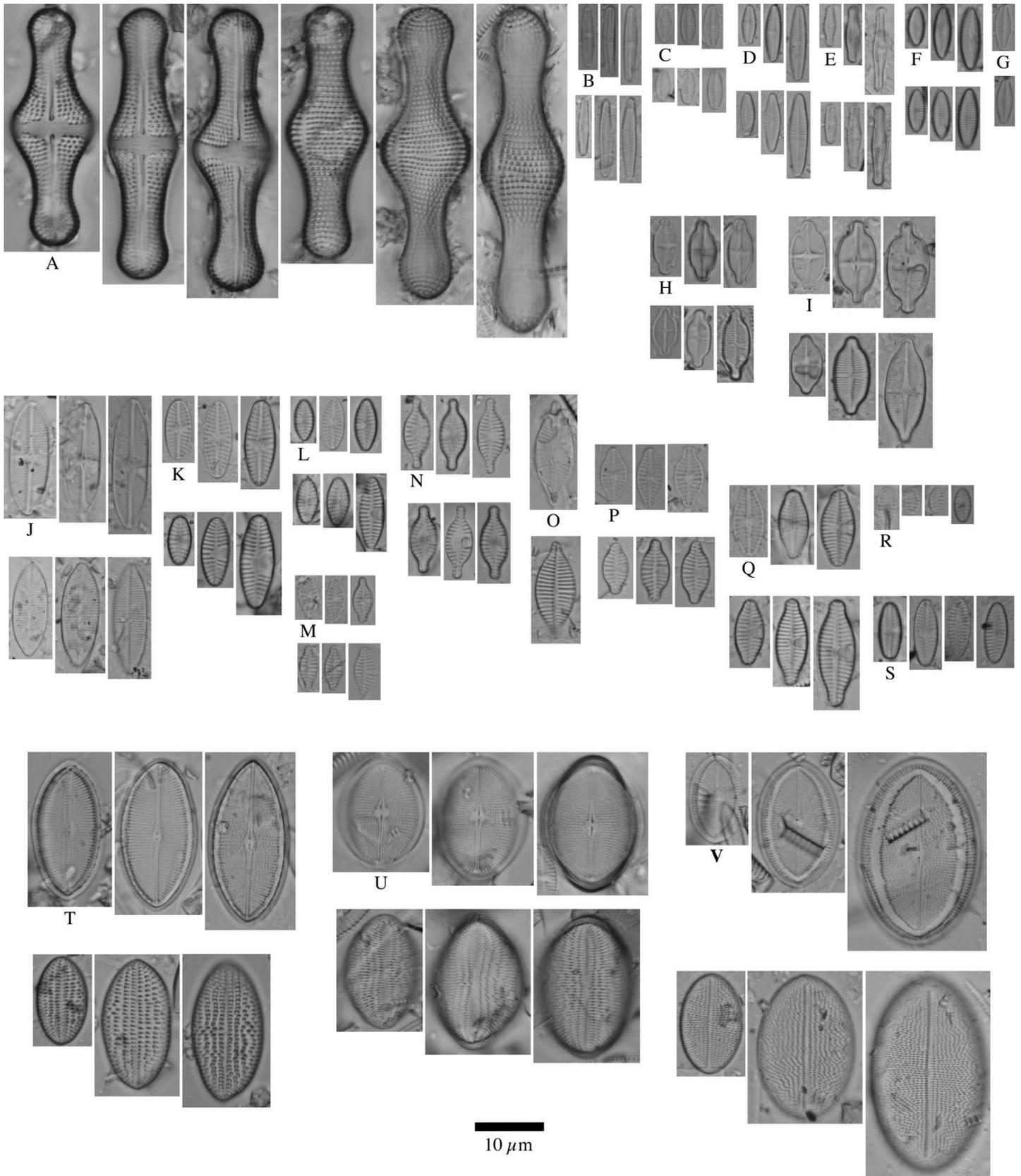


FIGURA 10. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Achnanthes inflata*, B) *Achnanthidium* sp. 1, C) *Achnanthidium* sp. 2, D) *Achnanthidium* sp. 3, E) *Achnanthidium* sp. 4, F) *Achnanthidium* sp. 5, G) *Achnanthidium* sp. 6, H) *Gogorevia exilis*, I) *Gogorevia* sp. 1, J) *Lemnicola hungarica*, K) *Planothidium cryptolanceolatum*, L) *Planothidium frequentissimum*, M) *Planothidium minutissimum*, N) *Planothidium potapovae*, O) *Planothidium robustum*, P) *Planothidium rostratoholarticum*, Q) *Planothidium* sp. 1, R) *Platessa bahlsii*, S) *Platessa conspicua*, T) *Cocconeis cascadenis*, U) *Cocconeis pediculus*, V) *Cocconeis* sp. 1.

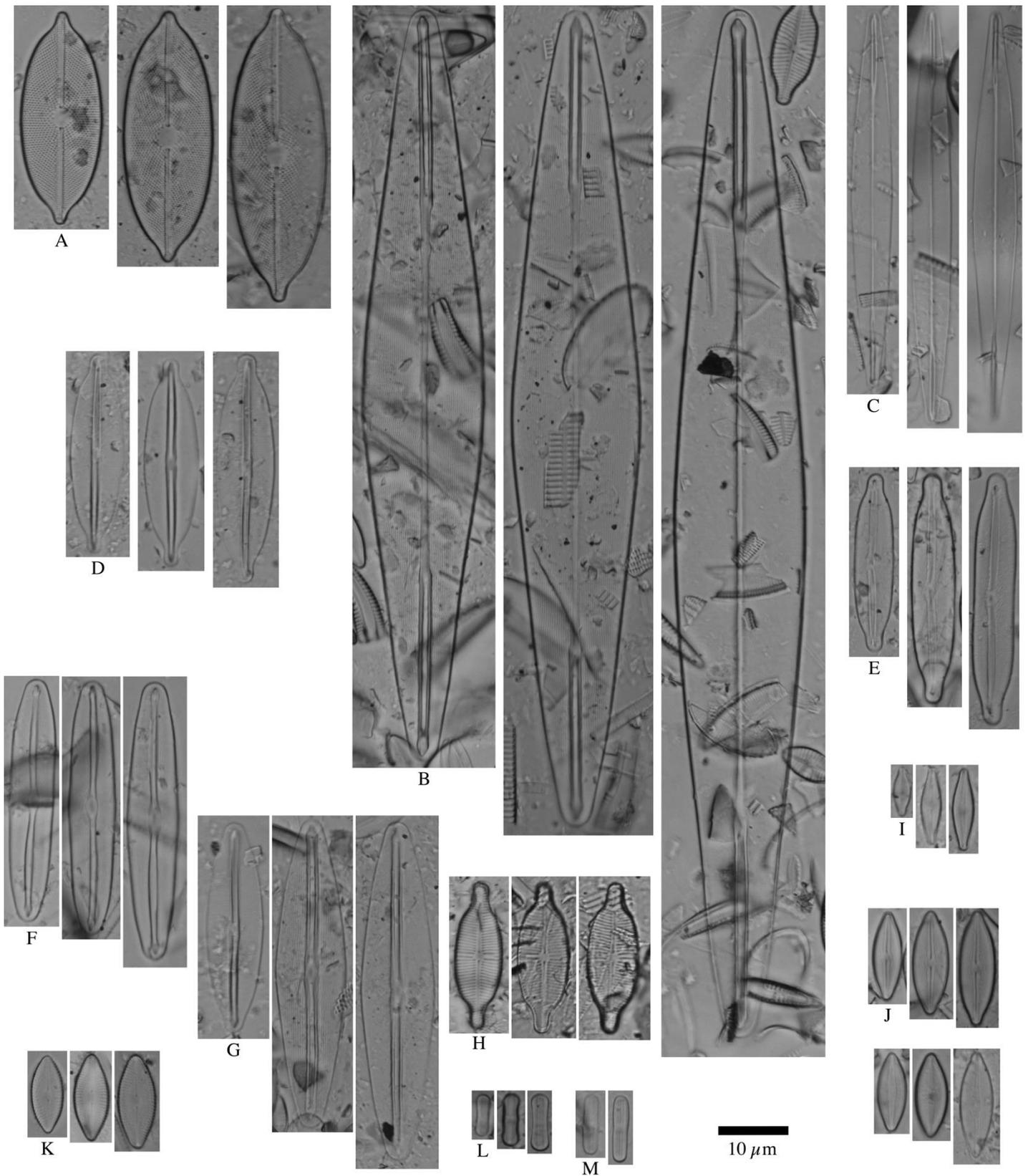


FIGURA 11. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Decussiphyucus placenta*, B) *Amphipleura chipasensis*, C) *Amphipleura pellucida*, D) *Frustulia crassinervia*, E) *Frustulia neomundana*, F) *Frustulia vulgaris*, G) *Frustulia* sp. 1, H) *Parlibellus* sp. 1, I) *Nupela metzeltinii*, J) *Nupela praecipuoides*, K) *Diadesmis confervacea*, L) *Humidophila contenta*, M) *Humidophila* sp. 1.

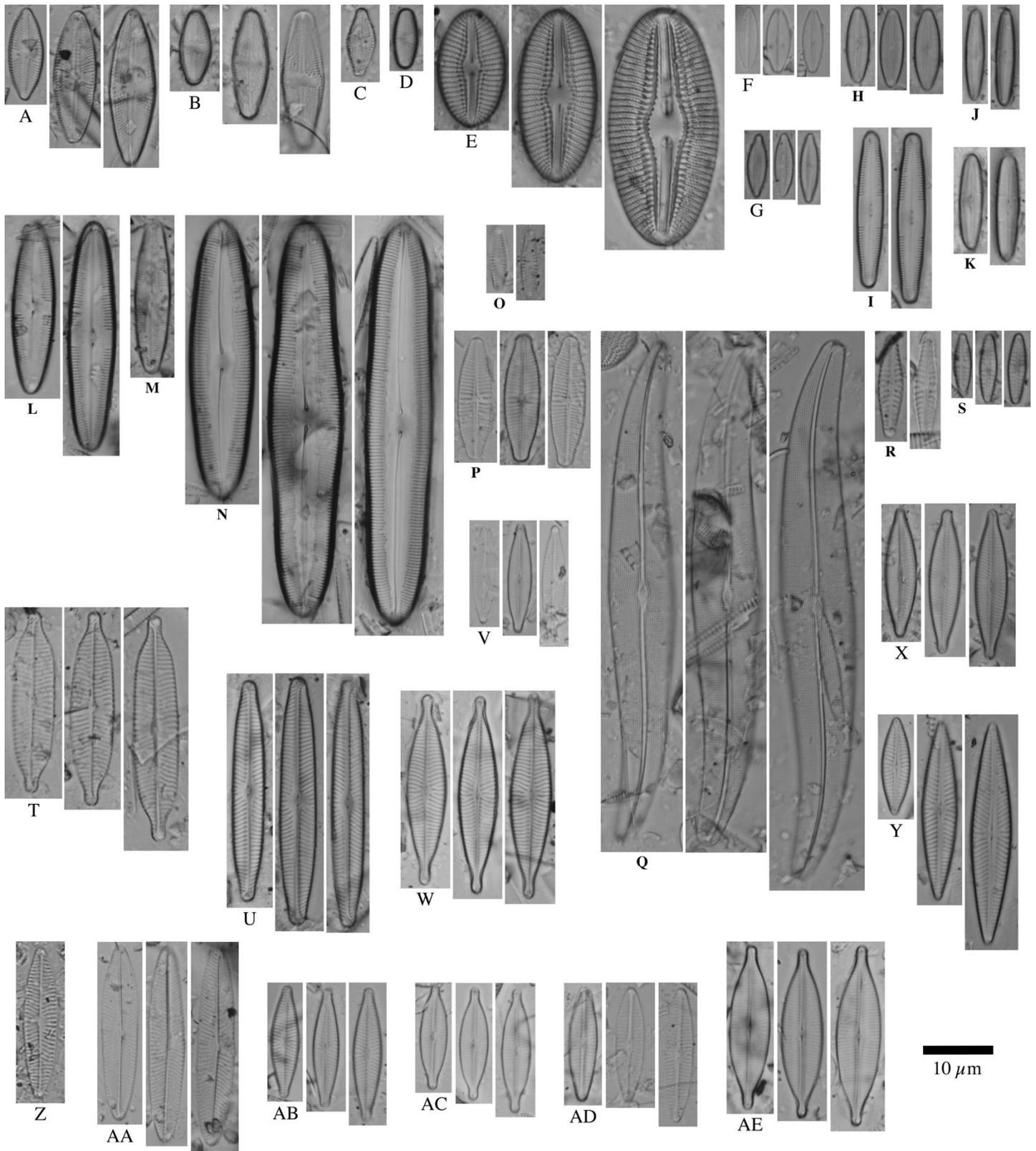


FIGURA 12. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Luticola goeppertiana*, B) *Luticola mutica*, C) *Luticola* sp. 1, D) *Luticola* sp. 2, E) *Diploneis* sp. 1, F) *Adlafia minuscula*, G) *Adlafia suchlandtii*, H) *Caloneis* sp.1, I) *Caloneis* sp.2, J) *Caloneis* sp.3, K) *Caloneis* sp.4, L) *Caloneis* sp.5, M) *Caloneis* sp.6, N) *Caloneis* sp.7, O) *Chamaepinnularia evanida*, P) *Geissleria punctifera*, Q) *Gyrosigma kuetzingii*, R) *Hippodonta* sp. 1, S) *Hippodonta* sp. 2, T) *Navicula amphiceropsis*, U) *Navicula angusta*, V) *Navicula canalis*, W) *Navicula capitatoradiata*, X) *Navicula cryptocephala*, Y) *Navicula cryptotenella*, Z) *Navicula erifuga*, AA) *Navicula escambia*, AB) *Navicula fernandae*, AC) *Navicula gregaria*, AD) *Navicula incarum*, AE) *Navicula ingapirca*.

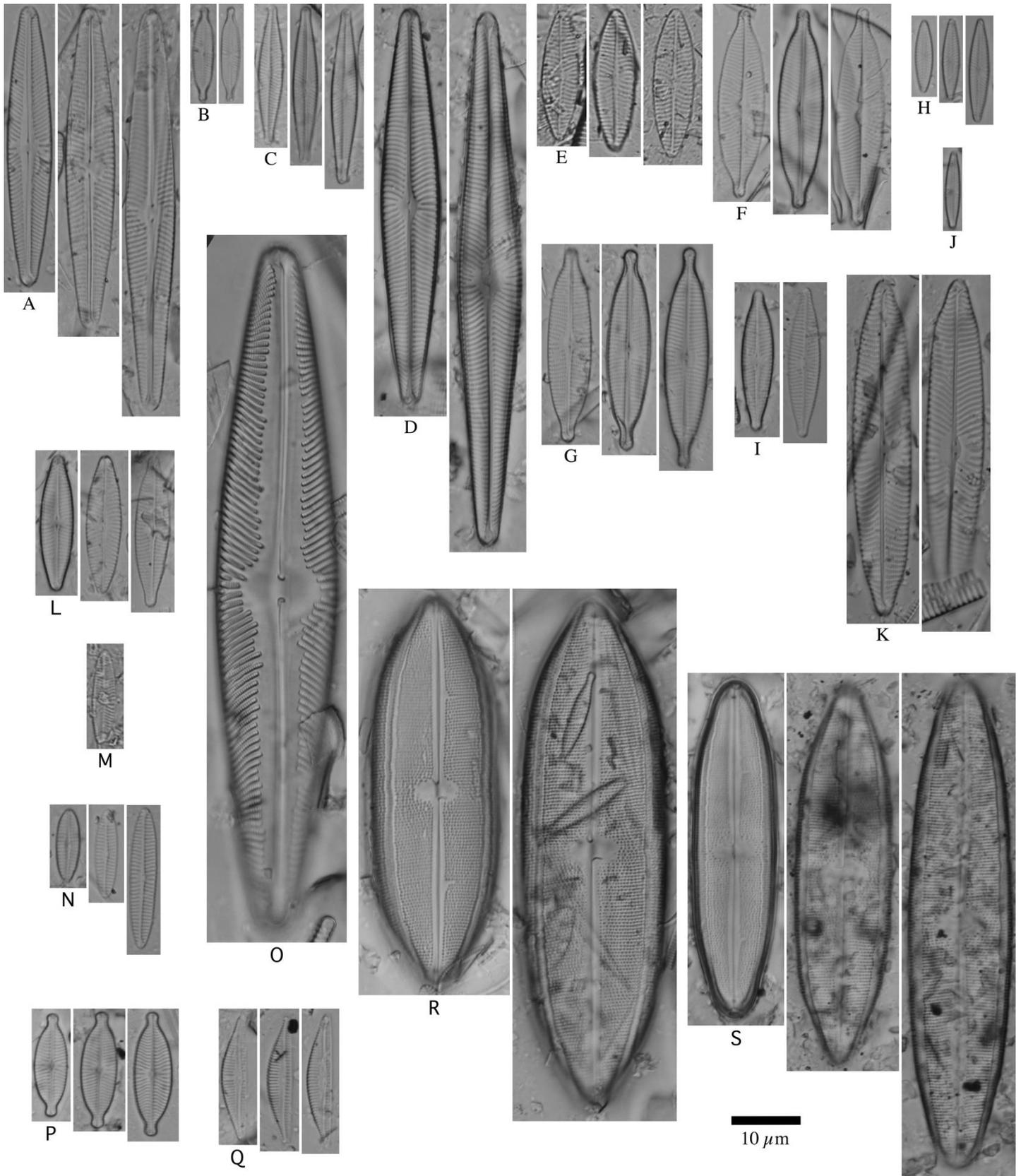


FIGURA 13. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Navicula lohmanii*, B) *Navicula longicephala*, C) *Navicula notha*, D) *Navicula radiosa*, E) *Navicula recens*, F) *Navicula rostellata*, G) *Navicula subrhynchocephala*, H) *Navicula tenelloides*, I) *Navicula veneta*, J) *Navicula vilaplani*, K) *Navicula viridulacalcis*, L) *Navicula* sp. 1, M) *Navicula* sp. 2, N) *Navicula* sp. 3, O) *Navicula* sp. 4, P) *Navigeia decussis*, Q) *Seminavis* sp. 1, R) *Neidium* sp. 1, S) *Neidium* sp. 2

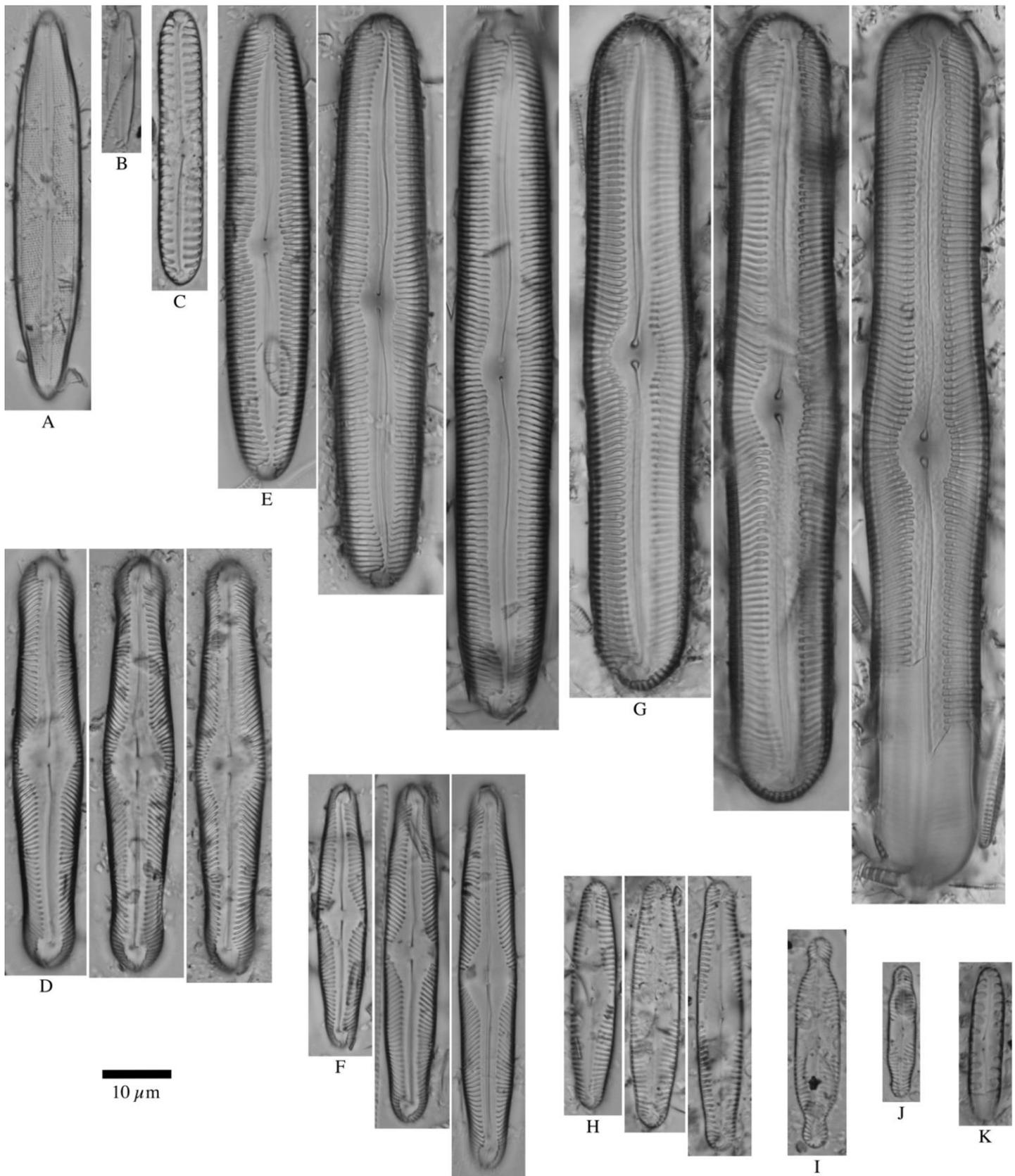


FIGURA 14. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Neidium* sp. 3, B) *Neidium* sp. 4, C) *Pinnularia borealis*, D) *Pinnularia erratica*, E) *Pinnularia stidolphii*, F) *Pinnularia* sp. 1, G) *Pinnularia* sp. 2, H) *Pinnularia* sp. 3, I) *Pinnularia* sp. 4, J) *Pinnularia* sp. 5, K) *Pinnularia* sp. 6.

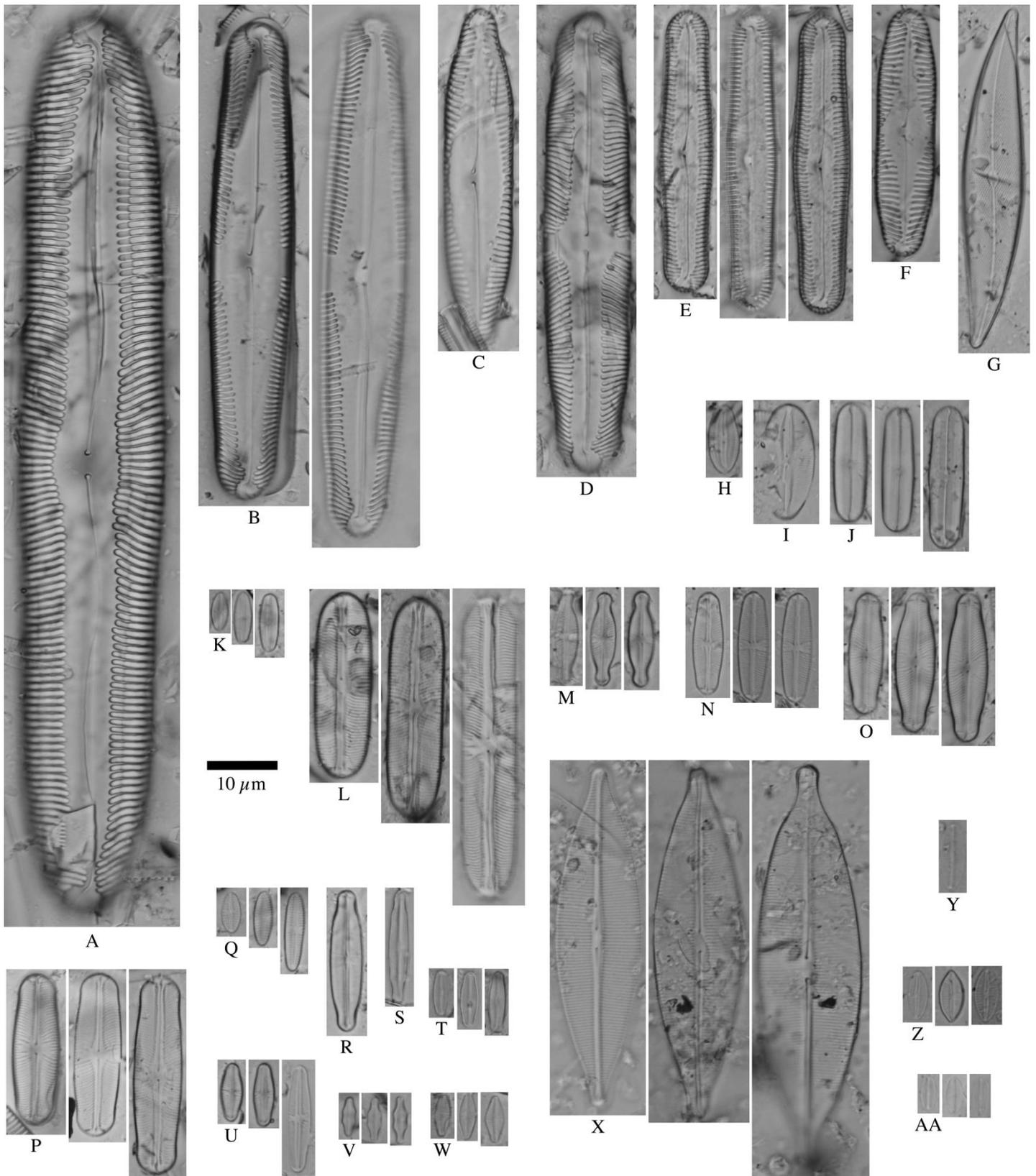


FIGURA 15. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Pinnularia* sp. 7, B) *Pinnularia* sp. 8, C) *Pinnularia* sp. 9, D) *Pinnularia* sp. 10, E) *Pinnularia* sp. 11, F) *Pinnularia* sp. 12, G) *Pleurosigma* sp. 1, H) *Fallacia insociabilis*, I) *Fallacia pygmaea*, J) *Fallacia subhamulata*, K) *Sellaphora atomoides*, L) *Sellaphora fusticulus*, M) *Sellaphora javanica*, N) *Sellaphora pseudopupula*, O) *Sellaphora pupula*, P) *Sellaphora rhombicarea*, Q) *Sellaphora saugerresii*, R) *Sellaphora stauroneioides*, S) *Sellaphora tridentula*, T) *Sellaphora* sp. 1, U) *Sellaphora* sp. 2, V) *Sellaphora* sp. 3, W) *Sellaphora* sp. 4, X) *Craticula ambigua*, Y) *Craticula molestiformis*, Z) *Craticula subminuscula*, AA) *Fistulifera* sp. 1.

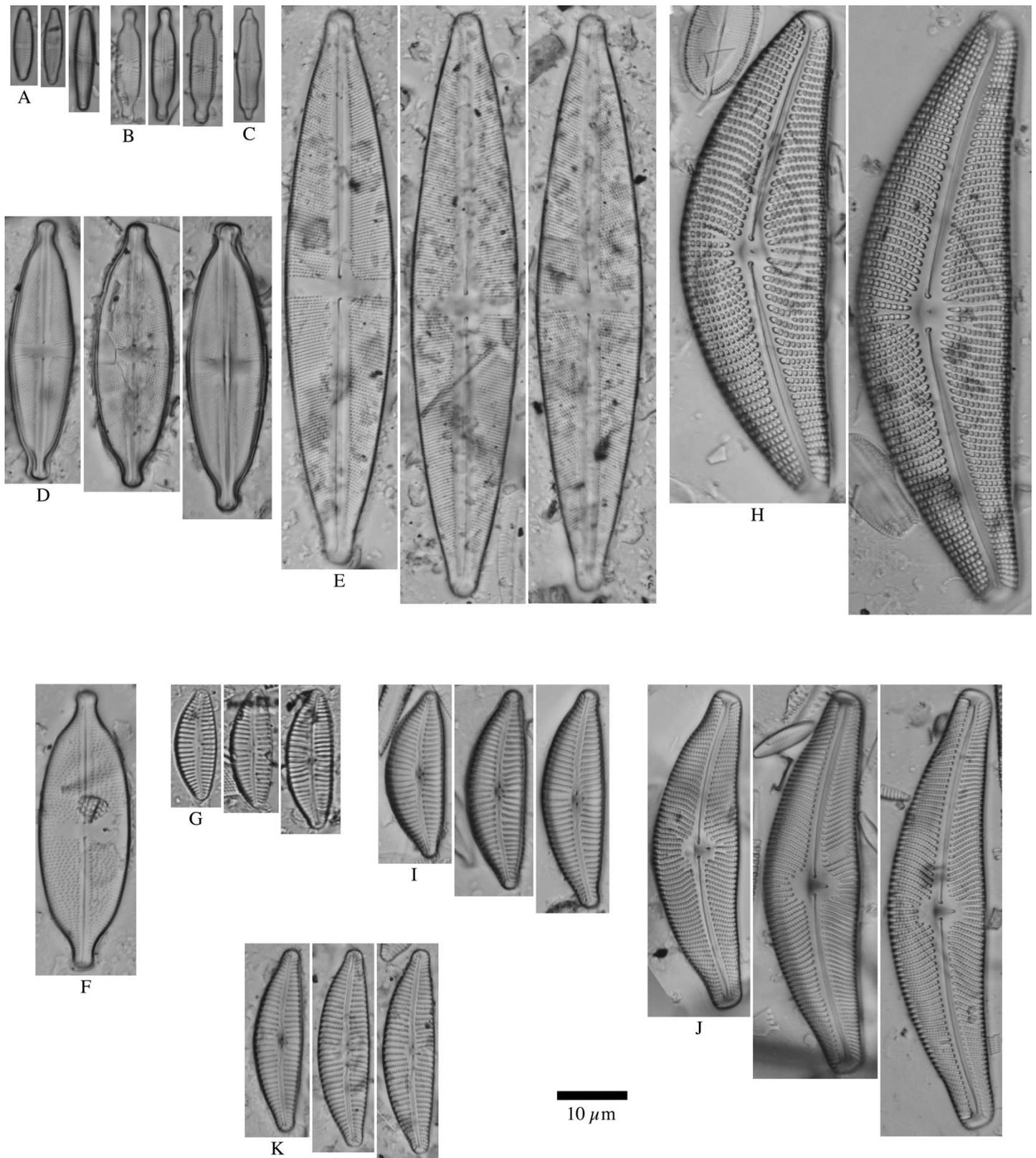


FIGURA 16. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Stauroneis bobvjergii*, B) *Stauroneis* sp. 1, C) *Stauroneis* sp. 2, D) *Stauroneis* sp. 3, E) *Stauroneis* sp. 4, F) *Anomoeoneis sphaerophora*, G) *Cymbella kolbei*, H) *Cymbella mexicana*, I) *Cymbella tropica*, J) *Cymbella tumida*, K) *Cymbella turgidula*.

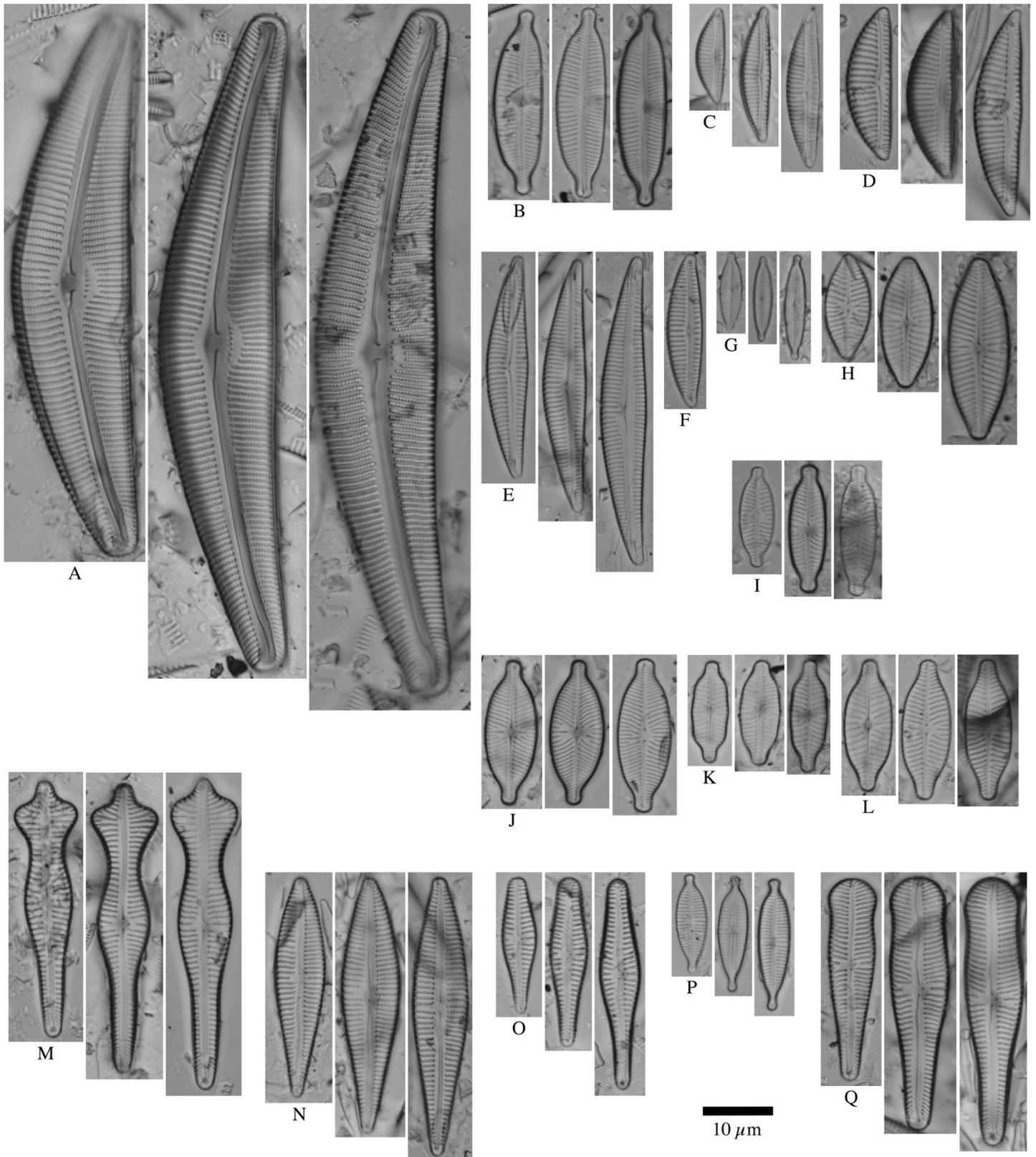


FIGURA 17. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Cymbella* sp. 1, B) *Cymbopleura naviculiformis*, C) *Encyonema minutum*, D) *Encyonema minutum* var. *pseudogracilis*, E) *Encyonema pergracile*, F) *Encyonema* sp. 1, G) *Encyonopsis subminuta*, H) *Placoneis elegans*, I) *Placoneis paraelginensis*, J) *Placoneis symmetrica*, K) *Placoneis undulata*, L) *Placoneis witkowskii*, M) *Gomphonema acuminatum*, N) *Gomphonema affine*, O) *Gomphonema commutatum*, P) *Gomphonema lagenula*, Q) *Gomphonema laticollum*.

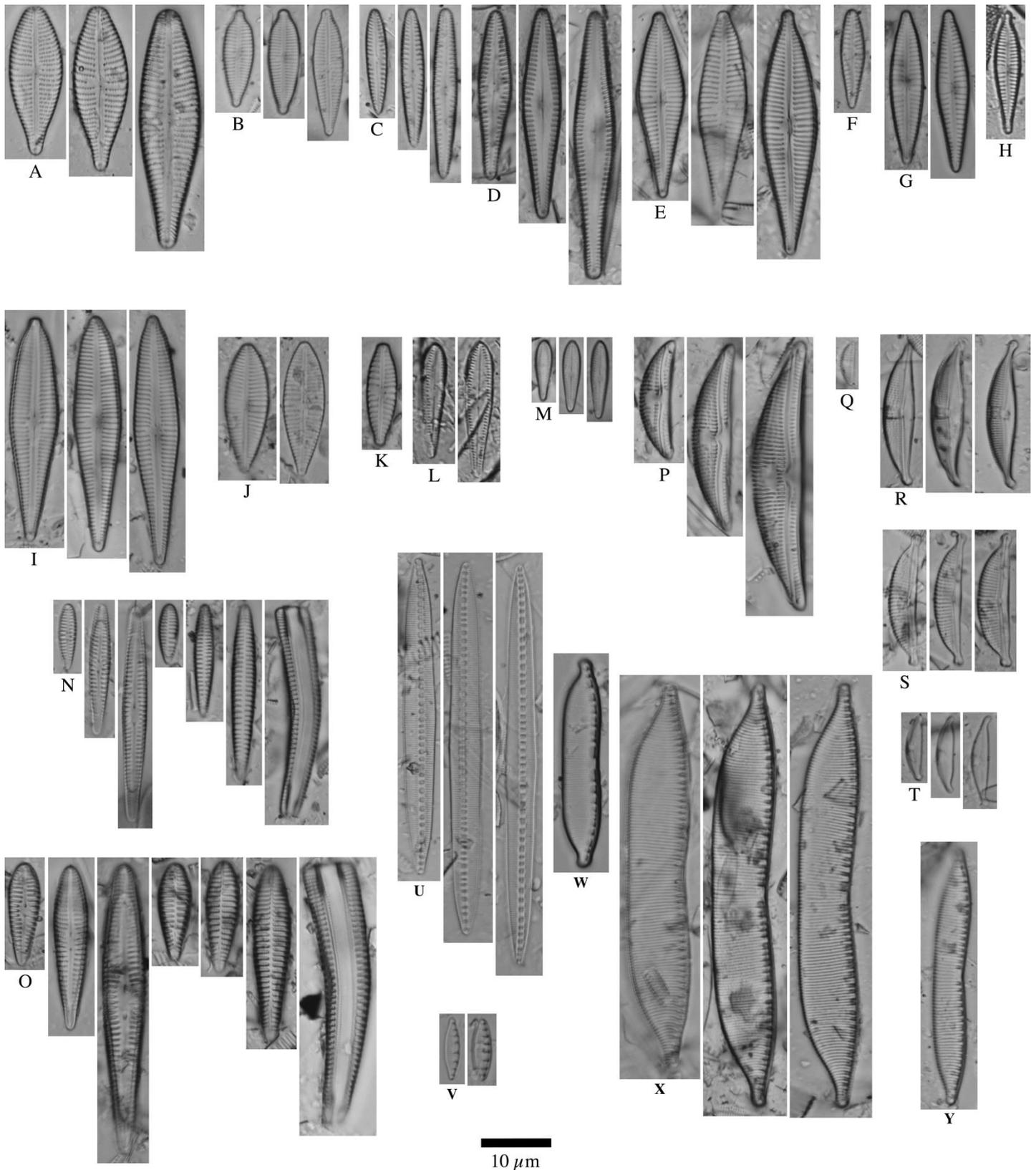


FIGURA 18. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Gomphonema mexicanum*, B) *Gomphonema parvulum*, C) *Gomphonema pumilum*, D) *Gomphonema* sp. 1, E) *Gomphonema* sp. 2, F) *Gomphonema* sp. 3, G) *Gomphonema* sp. 4, H) *Gomphonema* sp. 5, I) *Gomphonema* sp. 6, J) *Gomphonema* sp. 7, K) *Gomphonema* sp. 8, L) *Gomphosphenia lingulatiformis*, M) *Gomphosphenia* sp. 1, N) *Rhoicosphenia* sp. 1, O) *Rhoicosphenia* sp. 2, P) *Amphora copulata*, Q) *Amphora pediculus*, R) *Halamphora bicapitata*, S) *Halamphora ghanensis*, T) *Halamphora montana*, U) *Bacillaria paxillifera*, V) *Grunowia solgensis*, W) *Hantzschia abruptirostrata*, X) *Hantzschia amphioxys*, Y) *Hantzschia* sp. 1.

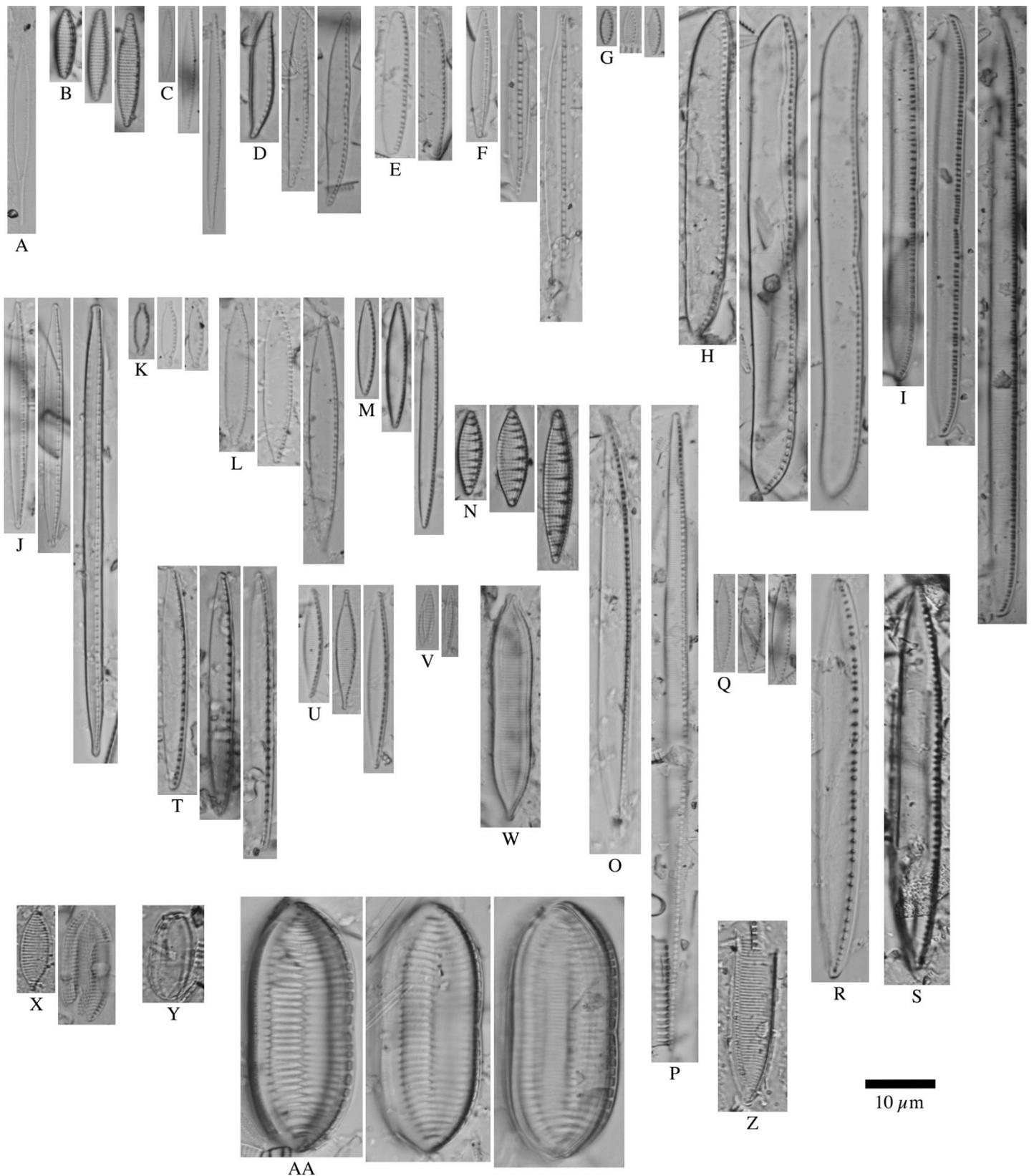


FIGURA 19. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Nitzschia acicularis*, B) *Nitzschia amphibia*, C) *Nitzschia archibaldii*, D) *Nitzschia clausii*, E) *Nitzschia comunis*, F) *Nitzschia dissipata*, G) *Nitzschia inconspicua*, H) *Nitzschia kurzeana*, I) *Nitzschia linearis*, J) *Nitzschia media*, K) *Nitzschia microcephala*, L) *Nitzschia palea* var. *palea*, M) *Nitzschia palea* var. *tenuirostris*, N) *Nitzschia semirobusta*, O) *Nitzschia sigma*, P) *Nitzschia subtilis*, Q) *Nitzschia supralitorea*, R) *Nitzschia tsarenkoi*, S) *Nitzschia umbonata*, T) *Nitzschia* sp. 1, U) *Nitzschia* sp. 2, V) *Simonsenia delognei*, W) *Tryblionella calida*, X) *Tryblionella compressa*, Y) *Tryblionella debilis*, Z) *Tryblionella hungarica*, AA) *Tryblionella levidensis*.

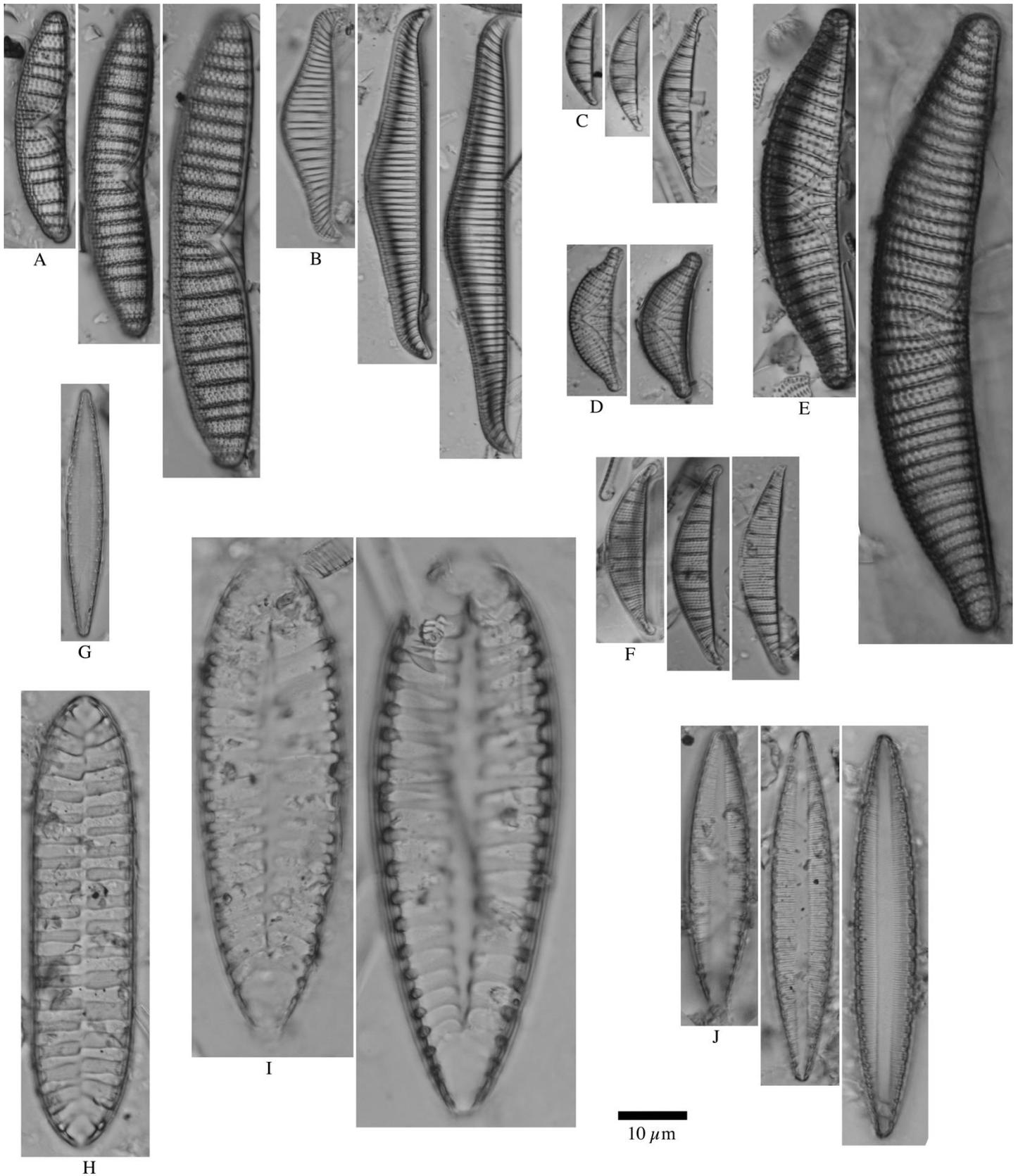


FIGURA 20. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Epithemia adnata*, B) *Epithemia gibba*, C) *Epithemia operculata*, D) *Epithemia sores*, E) *Epithemia turgida*, F) *Rhopalodia gibberula* var. *vanheurckii*, G) *Iconella delicatissima*, H) *Iconella linearis*, I) *Iconella tenera*, J) *Iconella* sp. 1.

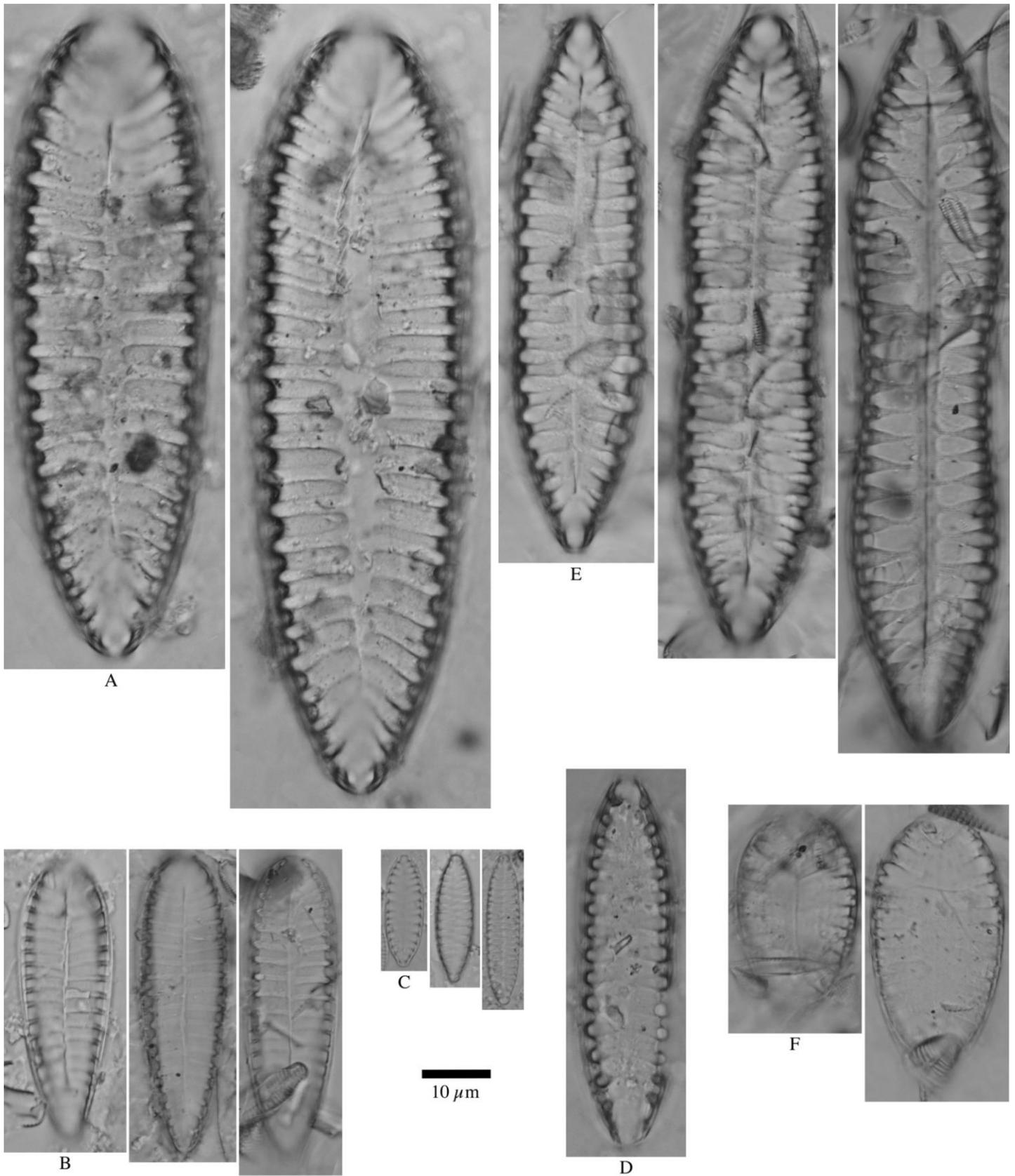


FIGURA 21. Diversidad de diatomeas bentónicas. A) *Iconella* sp. 2, B) *Iconella* sp. 3, C) *Suirella angusta*, D) *Suirella roba*, E) *Suirella susanae*, F) *Suirella* sp. 1.

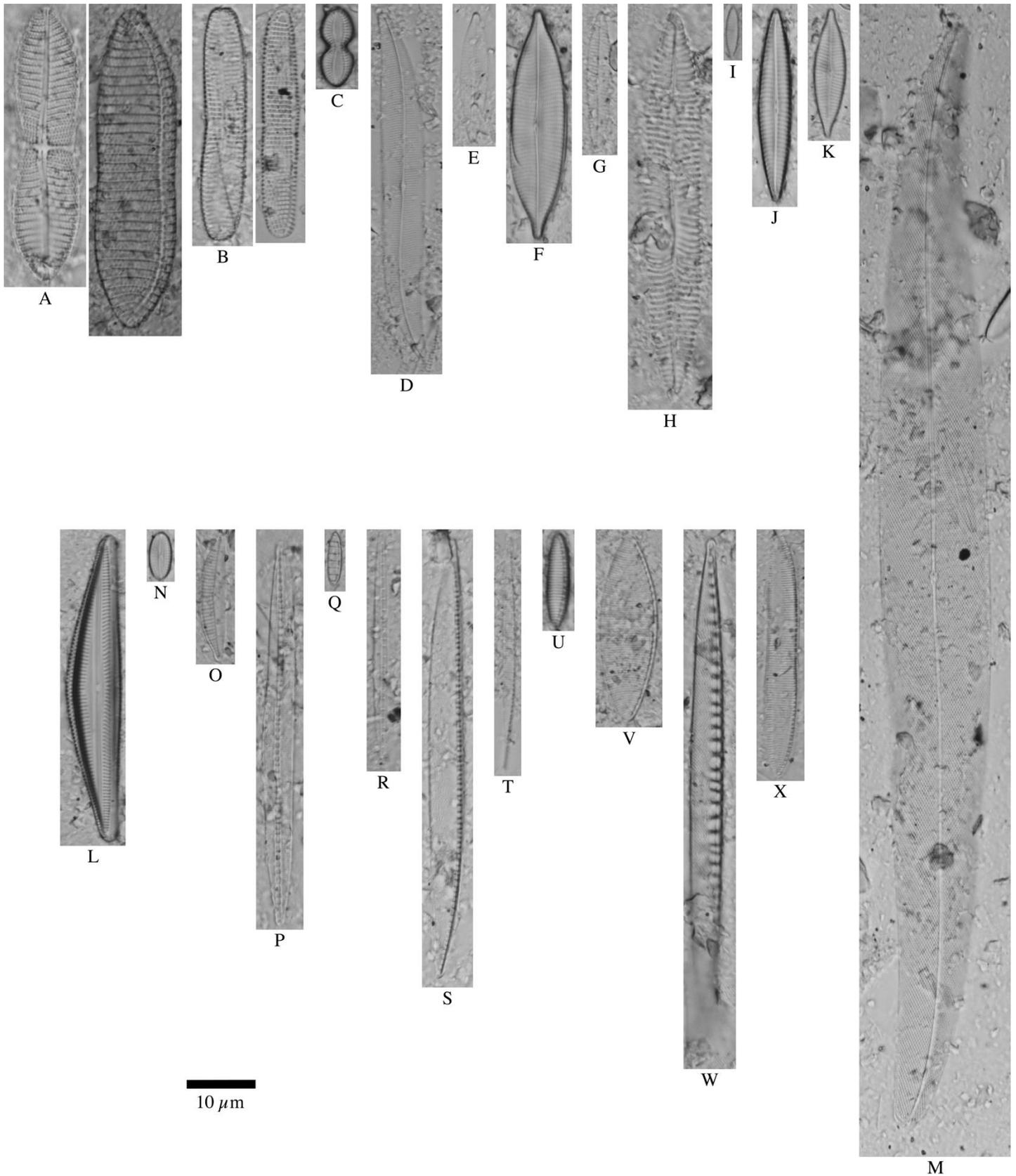


FIGURA 22. Diversidad de diatomeas bentónicas del Estero El Salado en Puerto Vallarta, Jalisco. A) *Achnanthes* sp. 1, B) *Achnanthes* sp. 2, C) *Diploneis caffra*, D) *Gyrosigma* sp. 1, E) *Navicula* sp. 5, F) *Navicula* sp. 6, G) *Navicula* sp. 7, H) *Navicula* sp. 8, I) *Navicula* sp. 9, J) *Navicula* sp. 10, K) *Navicula* sp. 11, L) *Seminavis robusta*, M) *Pleurosigma salinarum*, N) *Fallacia* sp. 1, O) *Halamphora acutiuscula*, P) *Bacillaria socialis*, Q) *Denticula subtilis*, R) *Nitzschia distans*, S) *Nitzschia* sp. 3, T) *Nitzschia* sp. 4, U) *Nitzschia* sp. 5, V) *Nitzschia* sp. 6, W) *Nitzschia* sp. 7, X) *Tryblionella hungarica*.

4.4.1 Diatomeas bentónicas en la cuenca Ameca-Mascota

En los 15 sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, se registró la mayor riqueza de especies en los sitios AM5 (69) y AM13 (67), en la parte alta y baja de la cuenca respectivamente. Los valores bajos registrados en los sitios AM9 y AM10 corresponden a sitios cercanos a manantiales. El sitio con mayor diversidad fue AM13 (3.13), junto con los sitios AM14, AM15 mantuvieron valores elevados de diversidad y de equitatividad (Fig. 23).

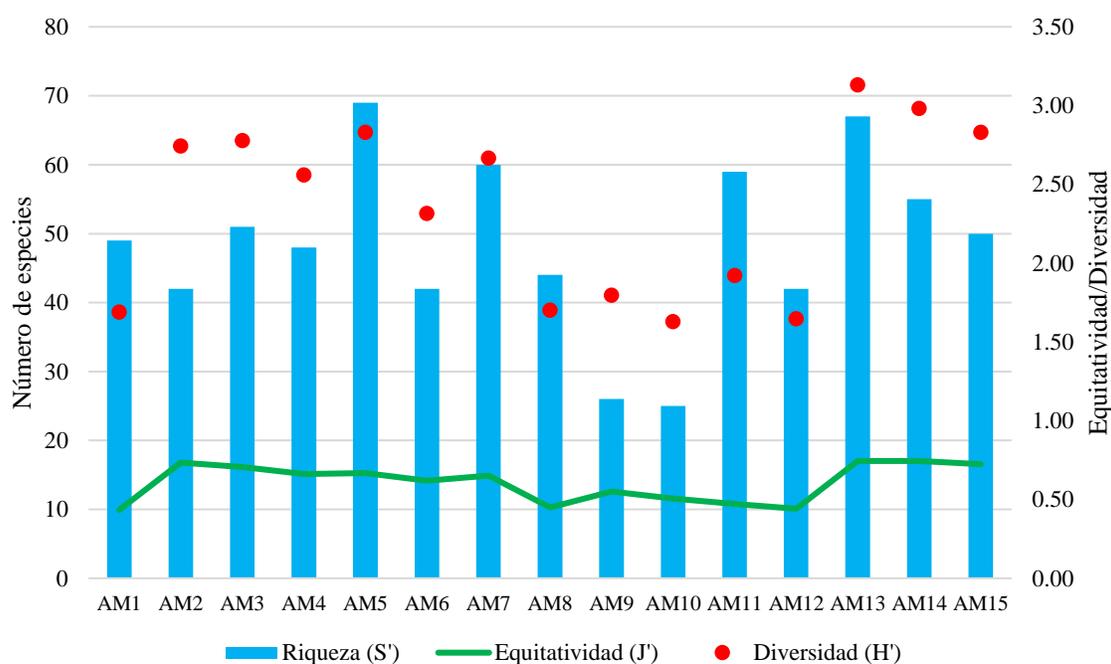


FIGURA 23. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

En los ensambles de diatomeas en esta cuenca (Tabla 7) se registró una dominancia de *Nupela praecipuoides* y *Planohidium cryptolanceolatum* en los sitios AM1-4 y AM10, así como una riqueza importante de especies del género *Eunotia*, estas diatomeas tienen preferencia por sitios con aguas con bajas concentraciones de nutrientes y muy sombreados. En los sitios AM5 y AM6 las especies más abundantes fueron *Ulnaria biceps*, *Rhoicosphenia* sp. 1, *Nitzschia archibaldii*, especies con preferencias por aguas con moderadas concentraciones de nutrientes, aunque en AM5 también se registró una abundancia considerable de la especie *Epithemia adnata*, indicadora de bajas concentraciones de nitrógeno en el agua. En el sitio AM7 la especie dominante fue *Nitzschia palea*,

indicadora de aguas fuertemente contaminadas. En los sitios AM8-9 la especie dominante fue *Cocconeis cascadensis*, indicadora de aguas con baja concentraciones de nutrientes, bien oxigenadas. En el sitio AM11 la especie dominante fue *Nitzschia palea* var. *tenuirostris*, indicadora de aguas con moderadas concentraciones de nutrientes, aunque estuvo acompañada por *Cocconeis* sp. 1, indicando aguas bien oxigenadas con buen flujo. En los sitios AM12-14 se registró a *Gomphonema pumilum* como la especie más abundante, indicando concentraciones moderadas de nutrientes, también estos los últimos dos sitios se incrementó la abundancia de *U. biceps* y *N. palea* var. *tenuirostris*. Finalmente, en el sitio AM15 además de estas últimas dos especies, *Diadесmis confervacea*, *Nitzschia amphibia* y *Pleurosira laevis* fueron también abundantes, indicando una fuerte contaminación por el incremento de nutrientes y de materia orgánica en el agua.

De acuerdo con el cálculo del índice TDI para evaluar el estado trófico de los sitios, se obtuvo que 3 sitios con ensambles de diatomeas que indican aguas oligotróficas, 3 sitios con aguas oligomesotróficas, 2 sitios con aguas mesotróficas, 5 sitios con aguas eutróficas y 2 sitios con aguas hipertróficas (Fig. 24).

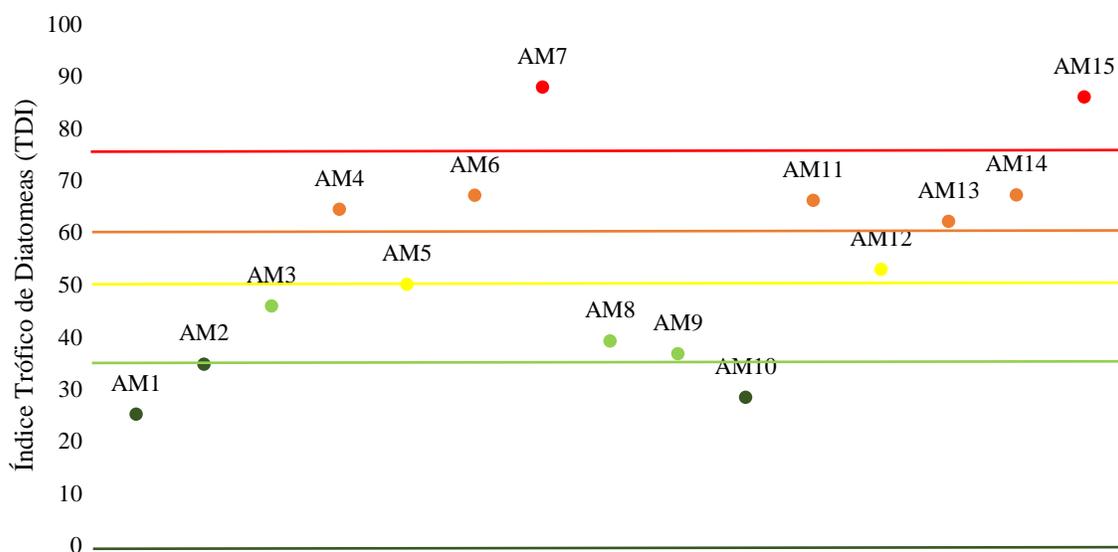


FIGURA 24. Índice Trófico de Diatomeas calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

TABLA 7. Distribución y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Aulacoseira ambigua</i>											0.2				
<i>Aulacoseira granulata</i>											0.6				
<i>Aulacoseira pusilla</i>											0.2				
<i>Melosira varians</i>		1.9	4.5	0.6	0.6	34.9	0.4	5.2		0.2					
<i>Orthoseira</i> sp. 1	0.2								0.2						
<i>Terpsinoë musica</i>															0.2
<i>Pleurosira laevis</i>											0.2		0.2		6.9
<i>Discostella stelligera</i>											0.2				
<i>Conticribra weissflogii</i>													0.2		0.7
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i>					0.6	0.2	0.2				0.2	0.2	1.0	0.2	0.2
<i>Fragilaria</i> sp. 1				3.4											
<i>Fragilaria</i> sp. 2					2.7	8.7									
<i>Fragilaria</i> sp. 3											0.2				
<i>Punctastriata mimetica</i>											0.2				
<i>Synedra goulardii</i>											1.2				4.6
<i>Tabularia</i> sp. 1											0.2				
<i>Ulnaria biceps</i>					9.3	20.6	0.7	0.2	0.2		2.0	1.1	11.6	0.5	4.9
<i>Ulnaria ulna</i>	0.7	0.5	0.4	0.4	0.2	1.8	0.2	0.2		0.9			0.2		
<i>Eunotia bidens</i>	0.2														
<i>Eunotia braendlei</i>	3.5								0.2						
<i>Eunotia implicata</i>	1.1	2.2	1.6	1.1											
<i>Eunotia subarcuatoides</i>	0.2														
<i>Eunotia</i> sp. 1	0.4														
<i>Eunotia</i> sp. 2	0.9		0.2						0.2	0.2					
<i>Eunotia</i> sp. 3			8.3	2.6						0.9					

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Eunotia</i> sp. 4										0.2					
<i>Eunotia</i> sp. 6	0.2	0.3													
<i>Eunotia</i> sp. 7		2.2	2.7	0.2											
<i>Eunotia</i> sp. 8	0.2						0.7								
<i>Eunotia</i> sp. 9		0.3	0.4	0.2											
<i>Achnanthes inflata</i>	0.9	1.6	0.2					0.2	0.2			0.2			
<i>Achnanthidium</i> sp. 1	10.6	7.1	8.9	14.1								0.2			
<i>Achnanthidium</i> sp. 2		0.5	0.2	0.2	2.9						0.2				
<i>Achnanthidium</i> sp. 3					0.8	0.2		0.2	8.7	4.6	0.8		4.5		0.2
<i>Gogorevia exilis</i>							0.2		5.0	0.9	0.2	0.2	0.6	9.6	1.2
<i>Gogorevia</i> sp. 1	4.6	0.5	0.2	0.2	0.2										
<i>Lemnicola hungarica</i>							1.5	0.2				0.2			
<i>Planothidium cryptolanceolatum</i>	0.2	31.9	23.5	28.9	0.6	0.2	8.5	0.4	1.0			0.2	2.6	2.3	
<i>Planothidium frequentissimum</i>		0.5			0.6		14.9	0.2	1.6	0.2		1.3			
<i>Planothidium potapovae</i>												0.2	0.2		
<i>Planothidium rostratoholarticum</i>	0.4		0.2											0.2	
<i>Planothidium</i> sp. 1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.4	0.2	5.7	0.2			0.6	7.2	0.4	0.2	0.7
<i>Platessa bahlsii</i>					0.2	0.2									
<i>Platessa conspicua</i>	0.2			0.2											
<i>Cocconeis cascadiensis</i>	0.2	1.9	0.4	0.2				58.6	45.5	5.3	0.2	1.9			
<i>Cocconeis pediculus</i>						2.0					0.2				
<i>Cocconeis</i> sp. 1					8.9	2.2	1.5	1.0			24.8	14.6	8.4	0.2	2.5
<i>Decussiphycus placenta</i>	0.2														
<i>Amphipleura chipasensis</i>			0.2		0.2	0.2	0.2	0.2		5.5	0.2	0.2	3.3		
<i>Amphipleura pellucida</i>					0.2	1.1		0.2							
<i>Frustulia crassinervia</i>	0.2	0.5	0.4	0.2											

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Frustulia neomundana</i>			2.7	0.2						1.3	0.2				
<i>Frustulia vulgaris</i>			0.2		0.2			0.2							
<i>Frustulia</i> sp. 1	0.4	6.5	0.2	0.9	0.2					0.2					
<i>Parlibellus</i> sp. 1													0.2		0.2
<i>Nupela metzeltinii</i>	0.7	0.5										0.2	0.2		
<i>Nupela praecipuoides</i>	64.2	3.3	16.1	1.1	0.2			0.2	17.7	59.5	0.4	0.2	0.2		
<i>Diadesmis confervacea</i>													2.0		11.1
<i>Humidophila contenta</i>	0.2														
<i>Humidophila</i> sp. 1									0.2						
<i>Luticola goeppertiana</i>											0.2				
<i>Luticola mutica</i>							0.2	0.2	0.2						
<i>Luticola</i> sp. 1							0.2							0.5	
<i>Luticola</i> sp. 2														0.2	
<i>Diploneis</i> sp. 1	0.2				0.2										
<i>Adlafia minuscula</i>			0.4	1.9	0.2	0.2									
<i>Adlafia suchlandtii</i>	1.1	4.6	4.3		0.2			0.2	0.2				0.2	0.2	
<i>Caloneis</i> sp.1		1.1	0.2												
<i>Caloneis</i> sp.2			0.2									0.2			
<i>Caloneis</i> sp.5												0.2	0.2		
<i>Caloneis</i> sp.6							0.2								
<i>Chamaepinnularia evanida</i>					0.2		0.2								
<i>Geissleria punctifera</i>											0.4				
<i>Gyrosigma kuetzingii</i>					0.2			0.2							0.2
<i>Hippodonta</i> sp. 2											0.2			1.2	0.2
<i>Navicula amphiceropsis</i>							0.2				0.4				
<i>Navicula angusta</i>	1.1						0.2						0.2		

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Navicula canalis</i>											0.2				
<i>Navicula capitatoradiata</i>					0.2	0.9	0.7	2.1			0.2			0.2	0.2
<i>Navicula cryptocephala</i>			0.2	0.6		0.2									
<i>Navicula cryptotenella</i>					0.2	0.2	1.8				0.2	0.2	1.2	0.2	
<i>Navicula erifuga</i>															0.2
<i>Navicula escambia</i>		1.4	1.3	3.0	0.2			0.2			0.2		0.2	0.5	
<i>Navicula fernandae</i>					0.2	0.4	0.2								
<i>Navicula gregaria</i>					1.0	0.2	1.3	1.4							0.2
<i>Navicula incarum</i>	0.2		0.9	0.2								0.6	2.9	0.2	
<i>Navicula ingapirca</i>					0.2						0.4	0.2	1.2		0.2
<i>Navicula lohmanii</i>										1.8					
<i>Navicula notha</i>			0.4	16.7				0.6							
<i>Navicula radiosa</i>								0.2		0.2					
<i>Navicula recens</i>															2.8
<i>Navicula rostellata</i>			0.2		0.2			0.2			0.6				
<i>Navicula subrhynchocephala</i>													1.6	1.2	1.2
<i>Navicula tenelloides</i>								0.4			0.2	0.4	1.0	1.2	0.2
<i>Navicula veneta</i>							0.2							0.2	
<i>Navicula viridulacalcis</i>					0.2										
<i>Navicula</i> sp. 1		0.5													
<i>Navicula</i> sp. 2															0.2
<i>Navicula</i> sp. 3													0.2		
<i>Navicula</i> sp. 4					0.2	0.2									
<i>Navigeia decussis</i>					0.4		1.8	0.2		0.2			0.2		
<i>Seminavis</i> sp. 1											0.2	0.2	0.2		

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Neidium</i> sp. 2							0.9								
<i>Neidium</i> sp. 4							0.2								
<i>Pinnularia borealis</i>	0.2	0.3	0.2												
<i>Pinnularia erratica</i>	0.2	0.3	2.9	1.1		0.2									
<i>Pinnularia stidolphii</i>				0.2	0.2		0.2	0.2							
<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.2		0.2	0.2				0.2		0.9		0.2	0.2		
<i>Pinnularia</i> sp. 2												0.2			
<i>Pinnularia</i> sp. 3					0.2		0.7								
<i>Pinnularia</i> sp. 4							0.2								0.2
<i>Pinnularia</i> sp. 5		0.3	0.2				0.2								
<i>Pinnularia</i> sp. 6							0.2								
<i>Pinnularia</i> sp. 7													0.2		
<i>Pleurosigma</i> sp. 1														0.2	
<i>Fallacia pygmaea</i>														0.2	
<i>Fallacia subhamulata</i>					0.2	0.2									
<i>Sellaphora atomoides</i>	1.3	0.3	0.9	0.2	0.2	0.4	5.9	0.2	1.2		0.2	1.9	3.7	3.7	1.2
<i>Sellaphora fusticulus</i>	0.2									0.2		0.2			
<i>Sellaphora javanica</i>				0.2									0.2		
<i>Sellaphora pseudopupula</i>		3.8	0.4	0.2	0.2										
<i>Sellaphora pupula</i>			0.2				6.1				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Sellaphora saugerresii</i>	0.7	12.0	6.0	2.6			0.4		12.3	0.2	0.2	0.4	0.8	0.7	1.4
<i>Sellaphora</i> sp. 1		1.9	0.4												
<i>Sellaphora</i> sp. 2							0.2				0.2		0.4		
<i>Sellaphora</i> sp. 3								0.2							
<i>Craticula ambigua</i>							0.2							0.2	
<i>Craticula molestiformis</i>													0.2		

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Craticula subminuscula</i>											0.2			6.8	
<i>Fistulifera</i> sp. 1		0.5		0.4							0.2		0.2		
<i>Stauroneis bobvjergii</i>									0.2						
<i>Stauroneis</i> sp. 1										0.2		0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Stauroneis</i> sp. 3														0.2	
<i>Stauroneis</i> sp. 4							0.2								
<i>Cymbella kolbei</i>														0.2	2.3
<i>Cymbella mexicana</i>					0.2	0.2					0.4				
<i>Cymbella tropica</i>											1.4		0.2	0.2	
<i>Cymbella tumida</i>				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			0.2		0.2		
<i>Cymbella</i> sp. 1					1.5	1.8									
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>			0.2	0.2	0.2										
<i>Encyonema minutum</i>					0.2			0.2						0.2	
<i>Encyonema minutum</i> var. <i>Pseudogracilis</i>	0.2	2.2	4.0	2.4			0.2					0.2	0.2		
<i>Encyonema</i> sp. 1	0.2		0.2										0.2		
<i>Placoneis elegans</i>							0.2								
<i>Placoneis paraelginensis</i>			0.2	0.2											
<i>Placoneis symmetrica</i>					0.2	0.2	0.2				0.2	0.2	0.2	0.5	0.2
<i>Placoneis undulata</i>							0.2								
<i>Gomphonema acuminatum</i>					0.2		0.4	0.4	0.2						
<i>Gomphonema affine</i>					0.6	0.2	0.2				0.6				
<i>Gomphonema commutatum</i>	0.2		0.2	0.2	1.7	0.2	0.2					0.2	0.6	0.2	
<i>Gomphonema lagenula</i>	0.2	0.5	0.2	3.4	1.2	0.2	1.1	0.2					0.2		
<i>Gomphonema laticollum</i>					0.2		0.2								
<i>Gomphonema mexicanum</i>												0.2	1.4	1.2	3.0
<i>Gomphonema parvulum</i>						0.7	2.6		2.8		0.2		0.6	6.8	5.1

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Gomphonema pumilum</i>		0.8		0.2	1.2	0.2	0.7	9.9			0.4	60.3	10.4	19.9	0.2
<i>Gomphonema</i> sp. 1	0.2				0.6					0.2					
<i>Gomphonema</i> sp. 2	0.2														
<i>Gomphonema</i> sp. 3	0.2														
<i>Gomphonema</i> sp. 4		0.8	0.2	1.7	0.2				0.2						
<i>Gomphonema</i> sp. 5															0.5
<i>Gomphonema</i> sp. 6					0.2										
<i>Gomphonema</i> sp. 7							0.2								
<i>Gomphonema</i> sp. 8							0.2								
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>															0.2
<i>Gomphosphenia</i> sp. 1									1.0	3.1					
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	0.2	0.8	0.2	0.2	19.3	2.0	0.9	12.2		11.7					
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 2											3.0				
<i>Amphora copulata</i>					0.2						0.2		0.2		0.2
<i>Amphora pediculus</i>							0.2								
<i>Halamphora bicapitata</i>									0.2					0.2	
<i>Halamphora ghanensis</i>								0.2			0.2	0.2	0.4	4.2	1.4
<i>Halamphora montana</i>							0.7						0.2	0.2	0.2
<i>Bacillaria paxillifera</i>											1.0		2.6		0.2
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0.2	0.3									0.2	0.2		0.2	
<i>Hantzschia abruptirostrata</i>							0.2								
<i>Hantzschia</i> sp. 1											0.2				
<i>Nitzschia acicularis</i>													0.2		
<i>Nitzschia amphibia</i>				0.2	0.2			0.2	0.2		2.8	0.2	0.6	6.1	10.6
<i>Nitzschia archibaldii</i>					17.6	9.4									
<i>Nitzschia clausii</i>				0.2	0.2								0.2	0.2	

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Nitzschia dissipata</i>											0.2		0.2	0.5	
<i>Nitzschia kurzeana</i>													0.6		0.2
<i>Nitzschia linearis</i>		1.9	0.2	0.4	1.0	1.6	0.2	0.6	0.2	0.7		0.4	0.8		0.2
<i>Nitzschia media</i>					0.2	2.5		0.6							
<i>Nitzschia microcephala</i>					0.6									3.3	
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>							32.4						0.4		
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>		0.8	0.4	6.6	1.9	1.3		0.2			50.3	3.2	19.3	9.6	23.4
<i>Nitzschia semirobusta</i>	0.2														
<i>Nitzschia sigma</i>														0.2	
<i>Nitzschia subtilis</i>													0.2		0.2
<i>Nitzschia supralitorea</i>										0.4	0.2		3.7	3.0	7.6
<i>Nitzschia tsarenkoi</i>														0.2	
<i>Nitzschia umbonata</i>															0.5
<i>Nitzschia</i> sp. 1	0.2	0.8	0.4	0.2											
<i>Nitzschia</i> sp. 2											0.2	0.6	3.5		
<i>Simonsenia delognei</i>		0.5													
<i>Tryblionella calida</i>														0.2	
<i>Tryblionella compressa</i>														0.2	0.2
<i>Tryblionella debilis</i>														0.2	0.2
<i>Tryblionella hungarica</i>															0.2
<i>Tryblionella levidensis</i>					0.2						0.2				
<i>Epithemia adnata</i>					14.3	2.2		0.2	0.2			0.2	0.6		
<i>Epithemia gibba</i>					0.2	0.2	0.2						0.2	5.6	
<i>Epithemia operculata</i>												0.2	0.2	4.2	0.2
<i>Epithemia turgida</i>									0.2						
<i>Iconella linearis</i>	0.2	0.3		0.2	0.2	0.2								0.2	

Especie	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Iconella tenera</i>							0.2	0.2			0.2			0.2	
<i>Iconella</i> sp. 1	0.2	0.5	1.1	0.2											
<i>Iconella</i> sp. 3	0.2														
<i>Surirella angusta</i>				0.4	0.2	0.2	0.2	0.2							
<i>Surirella roba</i>	0.2														
<i>Surirella susanae</i>					0.2	0.2									
<i>Surirella</i> sp. 1													0.2	0.2	0.2

4.4.2 Diatomeas bentónicas en la cuenca Pitillal

En todos los sitios monitoreados en esta cuenca se registraron entre 53 y 73 especies, siendo el sitio P3 el que presentó el mayor número de especies y mayor valor de diversidad y equitatividad, aun así, los valores de estos índices fueron similares entre los sitios (Fig. 25).

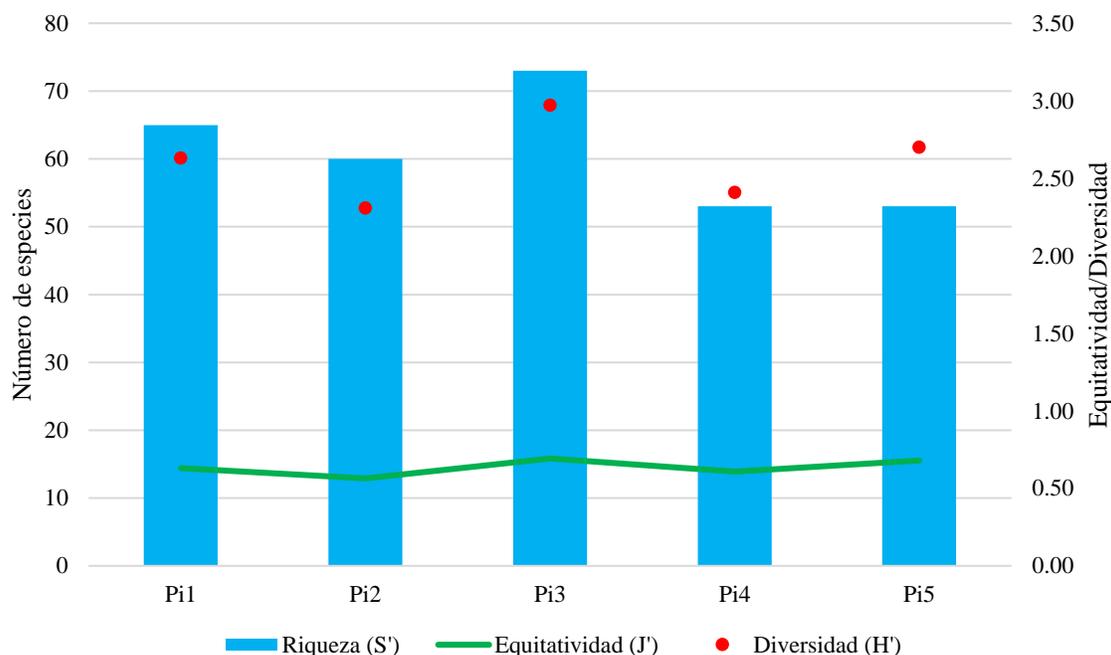


FIGURA 25. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J) y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Pitillal, Jalisco.

En el ensamble de diatomeas en el sitio Pi1 se registró la dominancia de *Synedra goulardii* y *Epithemia sorex*, especies con preferencias por aguas con bajas concentraciones de nutrientes y con abundante flujo de agua. En los sitios Pi2-4 se registró una gran abundancia de *Cocconeis* sp. 1, *Gomphonema pumilum* y *Rhoicosphenia* sp. 1, especies tolerantes a moderadas concentraciones de nutrientes pero que necesitan de abundante flujo de agua bien oxigenada. Finalmente, en el sitio Pi5 se registró una elevada abundancia de *Nitzschia palea* var. *tenuirostris*, indicando una elevada concentración de nutrientes (Tabla 8).

De acuerdo con el cálculo del índice TDI para evaluar el estado trófico de los sitios, se obtuvo que el ensamble de diatomeas del sitio Pi1 indicó aguas oligotróficas, los ensambles de los sitios Pi2-3 indicaron aguas mesotróficas, el ensamble del sitio Pi4 mostró una recuperación indicando aguas oligo-mesotróficas, y finalmente el ensamble del sitio Pi5 indicó aguas eutróficas (Fig. 26).

TABLA 8. Distribución y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas en la cuenca Pitillal, Jalisco.

Especie	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Melosira varians</i>	1.7	3.0	0.9	0.9	0.0
<i>Terpsinöe musica</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Fragilaria</i> sp. 2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Synedra goulardii</i>	24.6	0.2	0.9	2.0	7.7
<i>Ulnaria biceps</i>	0.8	0.0	0.2	2.2	0.2
<i>Ulnaria ulna</i>	1.1	0.2	0.0	0.0	0.7
<i>Eunotia</i> sp. 3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Eunotia</i> sp. 4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 2	2.3	0.0	1.1	0.2	0.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 3	4.2	0.9	0.6	1.7	2.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Gogorevia exilis</i>	0.8	0.2	0.4	0.4	0.7
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0.2	0.0	1.5	0.4	0.0
<i>Planothidium minutissimum</i>	0.0	0.0	0.9	0.2	0.0
<i>Planothidium robustum</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Planothidium rostratoholarticum</i>	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Planothidium</i> sp. 1	1.1	4.8	9.5	3.1	4.3
<i>Platessa bahlsii</i>	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
<i>Cocconeis pediculus</i>	2.3	0.0	0.0	1.7	0.0
<i>Cocconeis</i> sp. 1	1.9	32.2	32.6	27.7	5.9
<i>Amphipleura chipasensis</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Amphipleura pellucida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Frustulia neomundana</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Frustulia vulgaris</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Nupela praecipuoides</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Luticola goeppertiana</i>	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0.6	0.2	0.6	0.7	0.0
<i>Caloneis</i> sp.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Caloneis</i> sp.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Geissleria punctifera</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Gyrosigma kuetzingii</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2
<i>Hippodonta</i> sp. 1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula amphiceropsis</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula canalis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
<i>Navicula capitatoradiata</i>	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Navicula cryptotenella</i>	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0

Especie	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Navicula escambia</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula fernandae</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula gregaria</i>	0.2	1.1	2.1	1.1	2.9
<i>Navicula rostellata</i>	0.0	0.2	0.6	0.2	0.0
<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9
<i>Navicula tenelloides</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	2.9
<i>Navicula vilaplanii</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula</i> sp. 1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
<i>Navicula</i> sp. 3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Navigeia decussis</i>	0.8	0.4	0.0	0.2	1.1
<i>Neidium</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Neidium</i> sp. 3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Pinnularia erratica</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Pinnularia stidolphii</i>	0.2	0.2	0.0	0.2	0.7
<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 10	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Fallacia insociabilis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Sellaphora atomoides</i>	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Sellaphora pseudopupula</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora pupula</i>	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Sellaphora rhombicarea</i>	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2
<i>Sellaphora saugerresii</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Sellaphora</i> sp. 1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Sellaphora</i> sp. 3	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0
<i>Sellaphora</i> sp. 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Fistulifera</i> sp. 1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2
<i>Stauroneis</i> sp. 1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2
<i>Stauroneis</i> sp. 2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Cymbella kolbei</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
<i>Cymbella mexicana</i>	0.6	0.2	1.3	0.2	0.0
<i>Cymbella tropica</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9
<i>Cymbella tumida</i>	0.2	0.2	0.4	0.2	0.7
<i>Cymbella</i> sp. 1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Encyonema minutum</i>	0.6	0.2	1.5	0.2	0.0
<i>Placoneis elegans</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0

Especie	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Placoneis paraelginensis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Placoneis symmetrica</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Placoneis undulata</i>	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Placoneis witkowskii</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2
<i>Gomphonema affine</i>	0.2	0.9	0.2	0.7	0.2
<i>Gomphonema commutatum</i>	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Gomphonema lagenula</i>	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2
<i>Gomphonema laticollum</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Gomphonema parvulum</i>	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2
<i>Gomphonema pumilum</i>	1.5	2.0	2.1	33.4	0.7
<i>Gomphonema</i> sp. 1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Gomphonema</i> sp. 2	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	0.6	30.9	6.6	2.6	1.8
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 2	0.0	0.2	2.8	2.4	0.0
<i>Amphora copulata</i>	0.2	0.2	0.8	0.2	0.2
<i>Halamphora bicapitata</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Halamphora ghanensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Halamphora montana</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0.8	4.3	2.8	1.3	3.2
<i>Grunowia solgensis</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Hantzschia</i> sp. 1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
<i>Nitzschia acicularis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.0	1.3	1.7	0.9	0.2
<i>Nitzschia archibaldii</i>	0.2	0.0	2.7	2.2	0.0
<i>Nitzschia clausii</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Nitzschia comunis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0.0	0.0	0.0	1.3	0.5
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0.2	2.6	2.1	1.3	0.9
<i>Nitzschia kurzeana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Nitzschia linearis</i>	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0
<i>Nitzschia media</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia microcephala</i>	0.4	0.0	0.2	0.2	0.9
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	0.2	0.2	2.3	0.7	0.2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	4.7	0.2	6.5	0.0	35.1
<i>Nitzschia semirobusta</i>	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia supralitorena</i>	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia</i> sp. 2	0.0	4.3	1.5	0.2	12.2
<i>Tryblionella levidensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Epithemia adnata</i>	5.9	0.2	1.7	4.4	0.5

Especie	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Epithemia gibba</i>	0.2	0.0	0.2	0.2	0.7
<i>Epithemia operculata</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Epithemia sorex</i>	30.3	0.0	0.0	0.0	2.0
<i>Epithemia turgida</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Iconella linearis</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Iconella tenera</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Iconella sp. 2</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Surirella susanae</i>	0.0	0.9	0.2	0.2	0.0

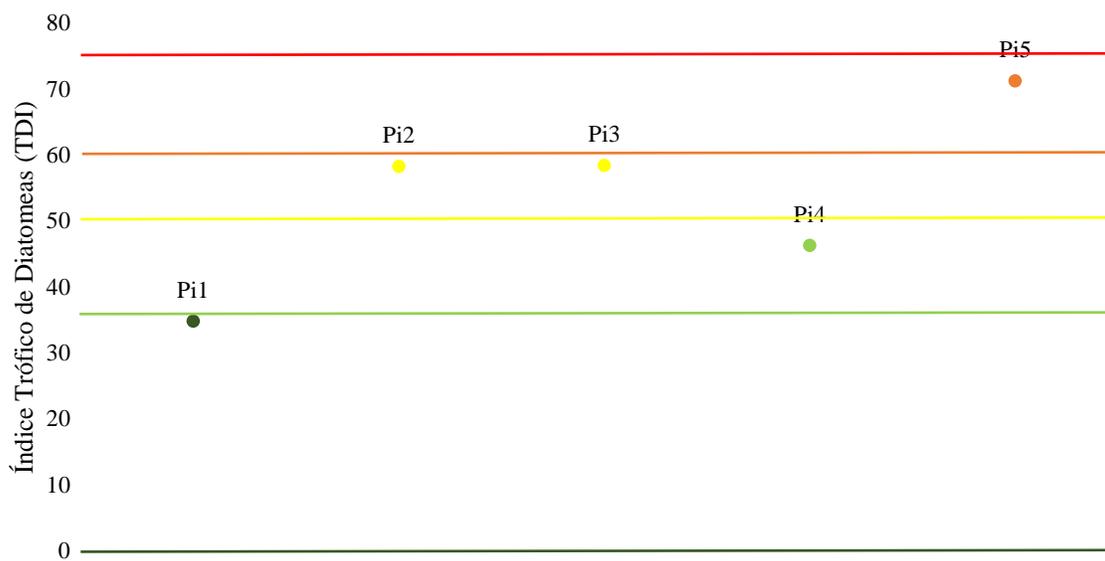


FIGURA 26. Índice Trófico de Diatomeas calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Pitillal, Jalisco.

4.4.2.1 Diatomeas bentónicas del estero El Salado

El ensamble de diatomeas en el estero presentó una riqueza específica (S') de 24 especies (Tabla 9, Fig. 22), una elevada diversidad de 2.56 con el índice de Shannon-Wiener (H') y una gran equitatividad de 0.81 con el índice de Pielou (J').

Las especies presentes en este sitio representaron un ensamble completamente distinto a los analizados en los ríos de la región, principalmente por las condiciones de salinidad que limitan la distribución de estas especies. Las más abundantes fueron *Gyrosigma* sp. 1, *Navicula* sp. 6, *Pleurosigma salinarum* y *Diploneis caffra*, todas ellas son especies típicas de aguas salobres o saladas y presentan una gran capacidad de desplazamiento en el biofilm y entre el sedimento para adaptarse a los cambios en la marea.

TABLA 9. Diversidad y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas del estero El Salado, Jalisco.

Especie	ES
<i>Achnanthes</i> sp. 1	3.1
<i>Achnanthes</i> sp. 2	3.1
<i>Diploneis caffra</i>	7.3
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	25.5
<i>Navicula</i> sp. 5	6.8
<i>Navicula</i> sp. 6	12.0
<i>Navicula</i> sp. 7	0.5
<i>Navicula</i> sp. 8	1.0
<i>Navicula</i> sp. 9	2.1
<i>Navicula</i> sp. 10	0.5
<i>Navicula</i> sp. 11	0.5
<i>Seminavis robusta</i>	0.5
<i>Pleurosigma salinarum</i>	8.3
<i>Fallacia</i> sp. 1	0.5
<i>Halamphora acutiuscula</i>	5.2
<i>Bacillaria socialis</i>	2.6
<i>Denticula subtilis</i>	2.1
<i>Nitzschia distans</i>	1.6
<i>Nitzschia</i> sp. 3	0.5
<i>Nitzschia</i> sp. 4	0.5
<i>Nitzschia</i> sp. 5	9.9
<i>Nitzschia</i> sp. 6	3.1
<i>Nitzschia</i> sp. 7	2.1
<i>Tryblionella</i> sp. 1	0.5

4.4.3 Diatomeas bentónicas en la cuenca Cuale

En los sitios monitoreados en la esta cuenca se presentó un incremento en la riqueza de especies, diversidad y equitatividad desde la parte alta en CU1 hasta CU4 (Fig. 27). En el sitio Cu1 se presentó la menor riqueza de especies (13), diversidad (0.68) y equitatividad (0.27) entre todos los sitios monitoreados de las cinco cuencas.

El ensamble de diatomeas en Cu1 estuvo completamente dominado por *Ulnaria ulna*, una especie tolerante a moderadas concentraciones de nutrientes y que puede formar grandes biofilms en el sedimento. Los ensambles de especies en los sitios CU2-4 presentaron una gran abundancia de

Melosira varians y *N. palea* var. *tenuirostris*, ambas especies son tolerantes al enriquecimiento de nutrientes en los sistemas acuáticos (Tabla 10).

De acuerdo con el cálculo del índice TDI para evaluar el estado trófico de los sitios, se obtuvo que el ensamble de diatomeas del sitio Cu1 indicó aguas oligo-mesotróficas, el ensamble del sitio Cu2 indicó aguas mesotróficas, y los ensambles de los sitios CU3-4 indicaron aguas eutróficas (Fig. 28).

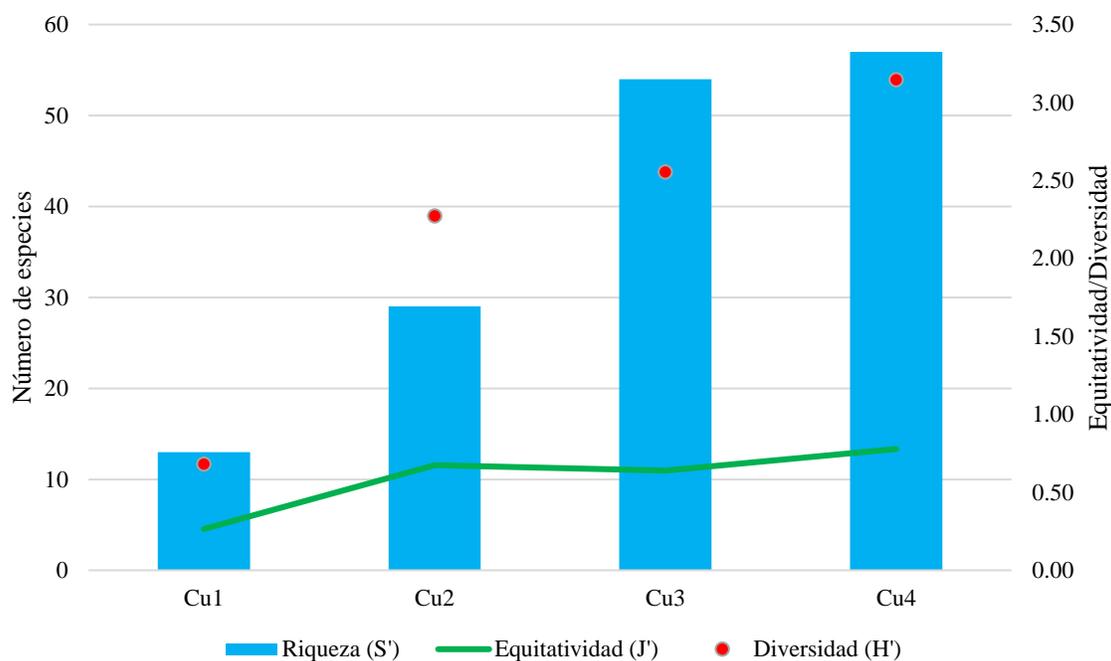


FIGURA 27. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Cuale, Jalisco.

TABLA 10. Distribución y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas en la cuenca Cuale, Jalisco.

Especie	Cu1	Cu2	Cu3	Cu4
<i>Melosira varians</i>	0.0	7.7	10.6	6.0
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i>	0.0	0.0	0.2	0.2
<i>Fragilaria</i> sp. 1	1.1	3.0	1.7	0.2
<i>Synedra goulardii</i>	0.0	4.0	2.5	0.2
<i>Ulnaria ulna</i>	86.5	2.3	3.1	0.8
<i>Achnantheidium</i> sp. 2	0.0	2.1	2.1	7.9
<i>Achnantheidium</i> sp. 3	2.4	12.1	9.2	13.3
<i>Achnantheidium</i> sp. 5	0.3	6.5	7.1	3.1
<i>Gogorevia exilis</i>	0.0	0.9	0.4	0.4
<i>Planothidium cryptolanceolatum</i>	0.0	0.0	0.0	0.2

Especie	Cu1	Cu2	Cu3	Cu4
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0.0	0.7	0.2	0.4
<i>Planothidium</i> sp. 1	0.0	0.5	3.8	15.0
<i>Cocconeis</i> sp. 1	0.3	0.0	0.2	1.0
<i>Amphipleura chipasensis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Amphipleura pellucida</i>	0.0	0.2	0.6	0.2
<i>Frustulia vulgaris</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Nupela metzeltinii</i>	1.8	0.0	0.0	0.0
<i>Nupela praecipuoides</i>	0.0	0.5	0.2	0.2
<i>Luticola</i> sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Adlafia minuscula</i>	0.0	0.2	0.0	0.2
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0.3	1.4	0.6	3.8
<i>Caloneis</i> sp.2	0.0	0.7	0.2	0.0
<i>Caloneis</i> sp.4	0.0	0.0	0.0	3.8
<i>Caloneis</i> sp.7	0.0	0.0	0.2	0.2
<i>Geissleria punctifera</i>	0.0	0.0	0.2	2.5
<i>Navicula cryptotenella</i>	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Navicula gregaria</i>	0.0	0.0	0.2	1.0
<i>Navicula notha</i>	0.0	0.7	1.5	7.5
<i>Navicula rostellata</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0.0	0.0	0.4	0.0
<i>Navicula tenelloides</i>	0.0	0.2	0.2	0.2
<i>Navicula</i> sp. 3	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Navigeia decussis</i>	0.0	0.0	0.4	1.7
<i>Pinnularia stidolphii</i>	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.3	0.0	0.2	0.0
<i>Sellaphora atomoides</i>	0.0	1.6	0.2	2.7
<i>Sellaphora rhombicarea</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Sellaphora saugerresii</i>	0.3	0.5	0.2	1.3
<i>Sellaphora</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.6
<i>Fistulifera</i> sp. 1	0.0	0.0	0.2	0.6
<i>Stauroneis</i> sp. 3	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Cymbella tropica</i>	0.0	0.0	0.0	1.3
<i>Cymbella tumida</i>	0.0	0.0	0.2	0.2
<i>Cymbella turgidula</i>	0.0	0.0	0.6	0.8
<i>Encyonema minutum</i>	0.0	1.6	1.5	1.7
<i>Placoneis symmetrica</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Placoneis witkowskii</i>	0.0	0.0	0.2	0.2
<i>Gomphonema affine</i>	0.0	1.2	0.4	0.2
<i>Gomphonema commutatum</i>	0.0	0.0	0.2	0.2

Especie	Cu1	Cu2	Cu3	Cu4
<i>Gomphonema lagenula</i>	0.0	0.0	4.8	0.2
<i>Gomphonema parvulum</i>	0.0	0.7	0.0	2.1
<i>Gomphonema pumilum</i>	0.0	0.0	0.2	0.2
<i>Gomphonema</i> sp. 1	0.0	0.5	0.2	0.2
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	0.0	0.2	0.0	0.8
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0.0	0.0	0.6	0.2
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.0	0.0	0.2	1.0
<i>Nitzschia archibaldii</i>	0.0	0.0	2.1	0.2
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Nitzschia kurzeana</i>	0.0	0.0	0.2	0.4
<i>Nitzschia linearis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	0.0	0.5	0.6	0.2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	1.8	41.6	37.4	7.1
<i>Nitzschia semirobusta</i>	2.9	1.9	0.6	0.2
<i>Nitzschia subtilis</i>	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Nitzschia supralitorea</i>	0.0	0.0	0.0	1.7
<i>Nitzschia</i> sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Epithemia adnata</i>	1.8	5.3	1.0	1.9
<i>Epithemia gibba</i>	0.0	0.7	0.2	1.9
<i>Epithemia operculata</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>vanheurckii</i>	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Iconella</i> sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.2

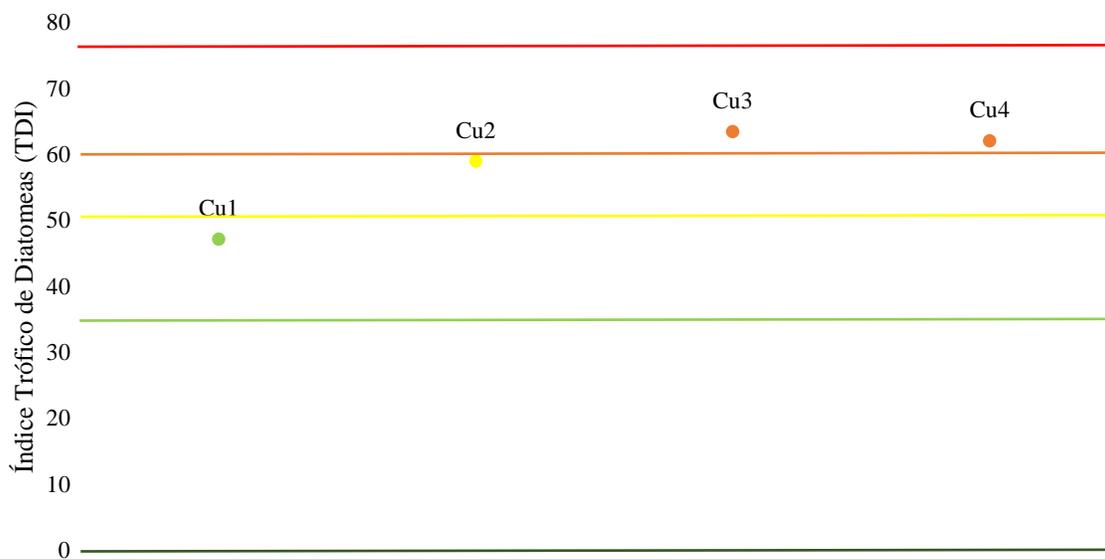


FIGURA 28. Índice Trófico de Diatomeas calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Cuale, Jalisco.

4.4.4 Diatomeas bentónicas en la cuenca Las Juntas

En los sitios de esta cuenca se registró una riqueza, diversidad y equitatividad en los sitios que incrementó desde la cabecera en Ju1 con 28 especies hacia las partes bajas en los sitios Ju2,3,6 con 45 especies. En el sitio Ju3 se registró el mayor número de especies (48), el mayor valor de diversidad (3.15) y la mayor equitatividad (0.81). Los sitios Ju4 y Ju5, corresponden a escurrimientos independientes, el bajo número de especies y del valor de diversidad en este último sitio puede deberse al bajo flujo de agua registrado (Fig. 29).

El ensamble de diatomeas en los sitios Ju1 y Ju2 estuvo dominado por *Achnanthydium* sp. 1, *Achnanthydium* sp. 3, las cuales son típicas de las cabeceras de los ríos en los que las concentraciones de nutrientes son bajas y el flujo de agua es rápido y bien oxigenado, además, otras especies abundantes en estos sitios fueron *Ulnaria ulna*, *Encyonopsis subminuta* y *Epithemia adnata*, las cuales son indicadoras de bajas a moderadas concentraciones de nutrientes. En el ensamble de diatomeas del sitio Ju3 se incrementó la abundancia de *U.ulna*, así como de otras especies indicadoras de moderadas concentraciones de nutrientes como *Fragilaria* sp. 2 o *U.biceps*. EL ensamble de diatomeas del sitio Ju4 presentó un aumento en la abundancia de *U. biceps*, *Nitzschia amphibia* y *Navicula notha*, indicadoras de moderadas a altas concentraciones de nutrientes. El ensamble de diatomeas en el sitio Ju5 estuvo dominado por dos especies del género *Achnanthydium* y *Encyonopsis subminuta*, indicadoras de bajas concentraciones de nutrientes. Y finalmente, el ensamble de diatomeas en el sitio Ju6 estuvo dominado por *Cocconeis* sp. 1, *Planothydium* sp. 1, *Ulnaria biceps* y *U. ulna*, todas especies tolerantes al incremento de nutrientes (Tabla 11).

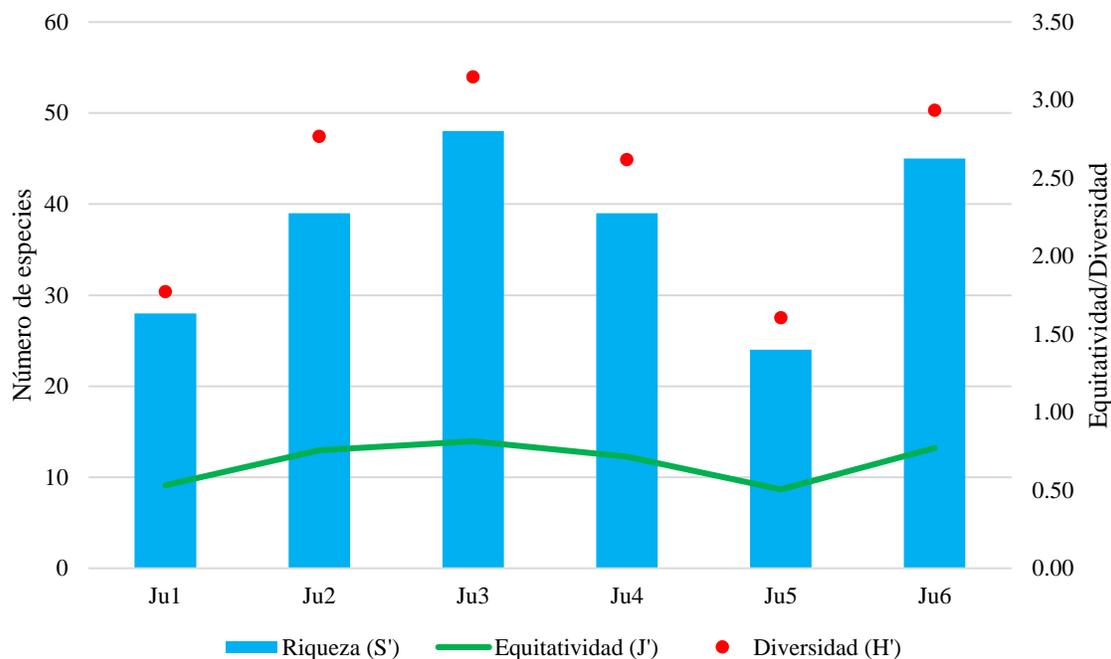


FIGURA 29. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

TABLA 11. Distribución y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

Especie	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju5	Ju6
<i>Melosira varians</i>	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	3.3
<i>Fragilaria</i> sp. 1	3.5	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Fragilaria</i> sp. 2	0.0	0.2	9.4	2.0	0.7	0.0
<i>Synedra goulardii</i>	0.0	1.5	5.1	0.0	0.0	1.2
<i>Ulnaria biceps</i>	4.1	0.4	4.7	20.5	0.5	12.0
<i>Ulnaria ulna</i>	12.0	15.2	14.9	1.2	2.5	9.5
<i>Eunotia</i> sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Eunotia</i> sp. 5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 1	55.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 2	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.6
<i>Achnantheidium</i> sp. 3	0.0	16.9	4.9	18.6	10.8	1.2
<i>Achnantheidium</i> sp. 4	2.1	0.0	0.2	9.4	58.1	0.0
<i>Achnantheidium</i> sp. 5	0.0	1.3	0.2	1.0	0.0	1.2
<i>Gogorevia exilis</i>	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.6
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.4
<i>Planothidium minutissimum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Planothidium potapovae</i>	0.8	0.0	0.2	0.2	0.0	0.8

Especie	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju5	Ju6
<i>Planothidium rostratoholarticum</i>	0.6	0.6	2.0	0.2	0.2	0.2
<i>Planothidium</i> sp. 1	0.4	1.5	2.9	0.8	0.0	14.7
<i>Cocconeis</i> sp. 1	0.6	7.1	10.4	8.4	0.0	17.8
<i>Amphipleura chipasensis</i>	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	0.2
<i>Frustulia neomundana</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Frustulia</i> sp. 1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nupela praecipuoides</i>	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Humidophila contenta</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Humidophila</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Adlafia minuscula</i>	0.0	0.4	0.0	0.8	0.0	0.2
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0.0	1.7	1.8	1.4	0.0	0.2
<i>Caloneis</i> sp.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Hippodonta</i> sp. 1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula amphiceropsis</i>	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula angusta</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula gregaria</i>	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6
<i>Navicula incarum</i>	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.2
<i>Navicula longicephala</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula notha</i>	0.6	2.1	2.2	6.6	1.6	2.3
<i>Navicula rostellata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Navicula tenelloides</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.6
<i>Navicula</i> sp. 3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
<i>Navigeia decussis</i>	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	3.3
<i>Pinnularia erratica</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
<i>Pinnularia stidolphii</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 12	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora atomoides</i>	0.2	0.2	0.0	0.6	0.0	2.5
<i>Sellaphora fusticulus</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Sellaphora rhombicarea</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora saugerresii</i>	0.0	1.9	0.0	0.2	0.0	0.4
<i>Sellaphora stauroneioides</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora</i> sp. 3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Cymbella tropica</i>	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.7
<i>Cymbella tumida</i>	0.0	0.0	0.4	1.2	0.2	1.0
<i>Cymbella turgidula</i>	0.0	0.0	0.0	0.8	6.5	0.0
<i>Encyonema minutum</i>	0.0	0.0	4.1	0.2	0.5	2.1
<i>Encyonema minutum</i> var. <i>Pseudogracilis</i>	0.0	0.0	0.6	0.2	0.2	0.2

Especie	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju5	Ju6
<i>Encyonema pergracile</i>	0.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Encyonopsis subminuta</i>	8.9	4.8	1.0	0.0	10.4	0.0
<i>Gomphonema affine</i>	1.2	1.0	0.4	0.8	1.8	0.2
<i>Gomphonema commutatum</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0
<i>Gomphonema laticollum</i>	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0.0	2.9	1.2	2.3	0.0	1.0
<i>Gomphonema pumilum</i>	0.8	2.9	2.7	0.0	0.2	5.6
<i>Gomphonema</i> sp. 1	0.2	0.6	0.2	5.3	1.4	0.0
<i>Gomphonema</i> sp. 2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Gomphonema</i> sp. 4	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
<i>Gomphosphenia</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Halamphora montana</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0
<i>Nitzschia archibaldii</i>	0.0	1.9	3.7	0.0	0.0	1.9
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
<i>Nitzschia linearis</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
<i>Nitzschia media</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>Palea</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.6
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>Tenuirostris</i>	1.0	2.5	0.0	4.5	0.0	1.0
<i>Nitzschia semirobusta</i>	1.2	1.5	3.7	0.0	2.5	1.0
<i>Nitzschia</i> sp. 2	0.0	0.2	1.8	0.0	0.0	3.1
<i>Epithemia adnata</i>	3.9	16.7	6.7	0.0	0.0	2.3
<i>Epithemia gibba</i>	0.0	0.6	2.2	0.0	0.0	0.0
<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>vanheurckii</i>	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Iconella delicatissima</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Iconella linearis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2

De acuerdo con el cálculo del índice TDI para evaluar el estado trófico de los sitios, se obtuvo que el estado trófico de los sitios incrementó desde la cabecera hacia la desembocadura, los ensambles de diatomeas de los sitios Ju1-2 indicaron aguas oligotróficas, en el sitio Ju3 el ensamble indicó aguas oligo-mesotróficas, en el sitio Ju4 el ensamble indicó aguas mesotróficas, en el sitio Ju5 el ensamble indicó condiciones oligotróficas como en la cabecera de la cuenca, y finalmente en el sitio Ju6, correspondiente a la desembocadura, el ensamble indicó condiciones eutróficas (Fig. 30).

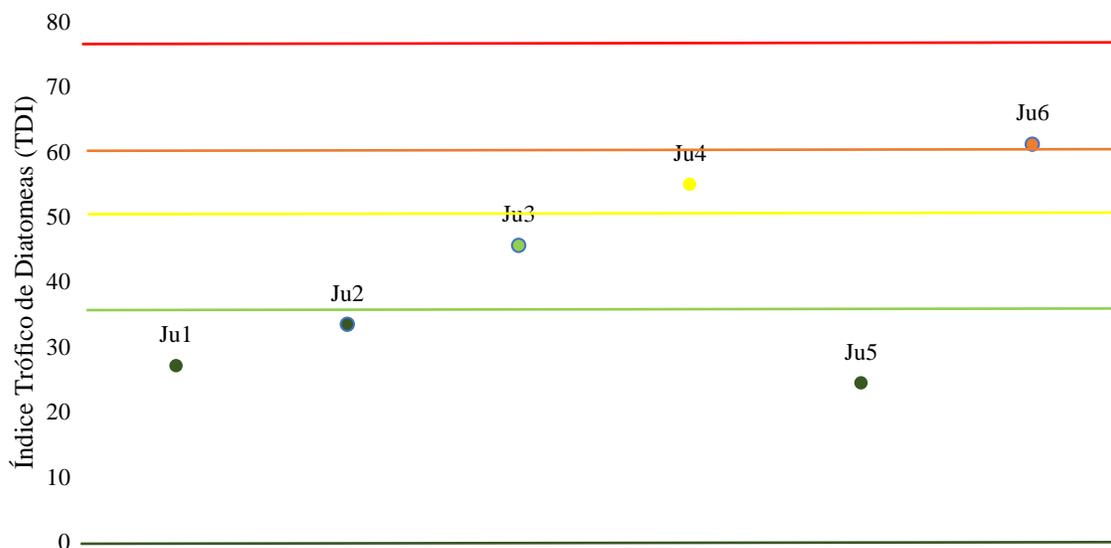


FIGURA 30. Índice Trófico de Diatomeas calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

4.4.5 Diatomeas bentónicas en la cuenca El Tuito

En los sitios monitoreados en esta cuenca se presentaron valores de riqueza similares en los sitios Tu1, Tu2 y Tu4 (37-43 especies), así como de diversidad (2.57-2.76) y equitatividad (0.71-0.73), mientras que en el sitio Tu3 se presentaron los menores valores para los tres índices (Fig. 31).

El ensamble de diatomeas en el sitio Tu1 estuvo dominado por *Sellaphora saugerresii*, *Planothidium* sp. 1 y *Gomphonema pumilum*, todas especies tolerantes a moderadas concentraciones de nutrientes. En el sitio Tu2 además de las especies anteriores, *Nitzschia palea* también fue abundante, ésta especie es indicadora de contaminación por enriquecimiento de nutrientes y por materia orgánica (Tabla 12). En el sitio Tu3 las especies más abundantes del ensamble fueron *Planothidium* sp. 1, *Gomphonema mexicanum* y *Achnanthydium* sp. 5, las dos primeras tolerantes a moderadas concentraciones de nutrientes y la última normalmente presente en sitios con aguas limpias bien oxigenadas. Finalmente, en el sitio Tu4 el ensamble estuvo dominado por *Cocconeis* sp. 1, *Achnanthydium* sp. 3 y *Encyonopsis subminuta*, todas con preferencia por aguas con bajas concentraciones de nutrientes, con buen flujo y bien oxigenadas.

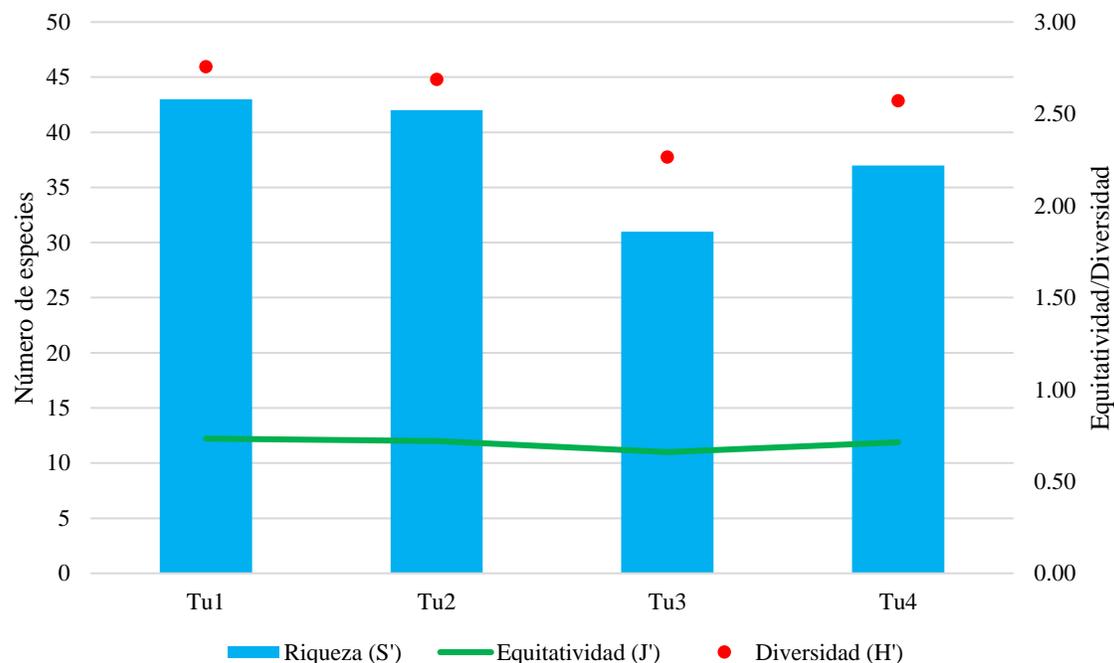


FIGURA 31. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca El Tuito, Jalisco.

TABLA 12. Distribución y abundancia relativa de las diatomeas bentónicas en la cuenca El Tuito, Jalisco.

Especie	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i>	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Fragilaria</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	4.5
<i>Synedra goulardii</i>	0.0	0.2	0.2	0.2
<i>Ulnaria biceps</i>	0.2	0.2	0.0	2.0
<i>Ulnaria ulna</i>	1.1	3.4	1.0	4.7
<i>Eunotia</i> sp. 3	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Eunotia</i> sp. 4	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Achnanthisdium</i> sp. 2	5.9	0.0	17.0	0.2
<i>Achnanthisdium</i> sp. 3	0.0	0.0	1.0	21.2
<i>Achnanthisdium</i> sp. 4	0.0	0.6	0.0	0.2
<i>Achnanthisdium</i> sp. 5	1.3	0.0	16.6	0.0
<i>Achnanthisdium</i> sp. 6	0.0	2.4	0.0	0.0
<i>Gogorevia exilis</i>	2.5	0.0	0.9	0.9
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0.2	0.0	0.2	0.2
<i>Planothidium potapovae</i>	0.0	0.0	0.0	1.6
<i>Planothidium rostratoholarticum</i>	0.0	0.0	0.0	1.6
<i>Planothidium</i> sp. 1	16.2	27.8	22.9	1.6
<i>Cocconeis</i> sp. 1	4.6	2.6	7.9	22.6

Especie	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
<i>Amphipleura chipasensis</i>	1.9	3.8	0.2	0.0
<i>Frustulia neomundana</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Frustulia vulgaris</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Frustulia</i> sp. 1	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nupela metzeltinii</i>	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Nupela praecipuoides</i>	5.7	0.0	0.0	0.2
<i>Diademsis confervacea</i>	0.0	4.4	0.0	0.0
<i>Diploneis</i> sp. 1	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Adlafia minuscula</i>	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0.8	0.0	0.2	0.9
<i>Caloneis</i> sp.2	2.5	0.0	0.0	0.0
<i>Gyrosigma kuetzingii</i>	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula cryptotenella</i>	0.2	0.0	0.2	0.0
<i>Navicula escambia</i>	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula fernandae</i>	0.0	3.6	0.0	0.0
<i>Navicula gregaria</i>	1.1	1.0	0.2	0.5
<i>Navicula incarum</i>	2.3	4.4	0.0	0.0
<i>Navicula lohmanii</i>	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Navicula longicephala</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula notha</i>	0.0	0.0	0.0	0.7
<i>Navicula rostellata</i>	0.0	1.4	0.0	0.0
<i>Navicula tenelloides</i>	1.5	1.0	0.0	0.0
<i>Navicula</i> sp. 3	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Navigeia decussis</i>	0.4	5.2	1.0	0.2
<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.2	0.2	0.0	0.2
<i>Pinnularia</i> sp. 3	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Pinnularia</i> sp. 11	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Sellaphora atomoides</i>	2.1	17.1	0.0	0.0
<i>Sellaphora fusticulus</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora javanica</i>	0.0	0.0	0.5	0.0
<i>Sellaphora pupula</i>	0.0	1.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora saugerresii</i>	18.7	0.0	0.2	0.0
<i>Sellaphora tridentula</i>	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Sellaphora</i> sp. 1	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Sellaphora</i> sp. 4	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Craticula ambigua</i>	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Craticula subminuscula</i>	0.0	1.0	0.3	0.0
<i>Fistulifera</i> sp. 1	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Stauroneis</i> sp. 1	0.0	0.2	0.0	0.0

Especie	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
<i>Cymbella mexicana</i>	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Cymbella tropica</i>	0.0	0.0	1.5	0.0
<i>Cymbella tumida</i>	0.0	0.6	0.2	0.2
<i>Cymbella turgidula</i>	0.0	4.4	0.0	0.0
<i>Encyonema minutum</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Encyonema minutum</i> var. <i>pseudogracilis</i>	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Encyonema pergracile</i>	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Encyonopsis subminuta</i>	0.0	0.0	0.0	10.6
<i>Placoneis paraelginensis</i>	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Placoneis symmetrica</i>	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Placoneis undulata</i>	0.0	0.4	0.0	0.0
<i>Placoneis witkowskii</i>	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Gomphonema affine</i>	1.9	0.0	0.0	0.2
<i>Gomphonema commutatum</i>	0.2	0.0	0.0	0.2
<i>Gomphonema lagenula</i>	2.1	0.0	0.0	5.0
<i>Gomphonema laticollum</i>	0.0	0.2	0.0	0.0
<i>Gomphonema mexicanum</i>	0.0	0.0	15.9	0.0
<i>Gomphonema parvulum</i>	4.4	1.6	2.4	0.0
<i>Gomphonema pumilum</i>	16.2	0.2	0.2	2.0
<i>Gomphonema</i> sp. 1	0.0	0.0	5.7	0.9
<i>Gomphonema</i> sp. 2	0.0	0.0	0.7	2.9
<i>Gomphonema</i> sp. 6	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 1	0.0	0.4	0.0	0.0
<i>Rhoicosphenia</i> sp. 2	0.0	0.0	0.9	0.0
<i>Nitzschia amphibia</i>	1.3	0.0	0.0	0.0
<i>Nitzschia archibaldii</i>	0.0	0.0	0.0	4.7
<i>Nitzschia dissipata</i>	0.0	0.6	0.0	0.0
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0.0	0.0	1.0	0.0
<i>Nitzschia kurzeana</i>	0.0	0.6	0.0	0.0
<i>Nitzschia linearis</i>	0.4	0.8	0.3	0.2
<i>Nitzschia media</i>	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>Palea</i>	0.0	6.2	0.3	0.0
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>Tenuirostris</i>	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Nitzschia subtilis</i>	0.0	1.0	0.0	0.0
<i>Epithemia adnata</i>	0.0	0.0	0.0	6.5
<i>Epithemia sores</i>	0.0	0.0	0.0	0.2

De acuerdo con el cálculo del índice TDI para evaluar el estado trófico de los sitios (Fig. 32), se obtuvo que el estado trófico de los sitios en la parte alta de la cuenca se encontró bastante afectada, en el

sitio Tu1 el ensamble de diatomeas indicó condiciones eutróficas, en el sitio Tu2 el ensamble indicó condiciones hipertróficas, en el sitio Tu3 el ensamble indicó condiciones mesotróficas, presentando una mejora respecto a los sitios anteriores. Finalmente, en el sitio Tu4 el ensamble de diatomeas indicó condiciones oligotróficas, esta diferencia respecto al resto de los sitios de la cuenca se puede deber a que el río que alimenta este sitio corre de manera paralela al anterior, que fluye atravesando el poblado El Tuito.

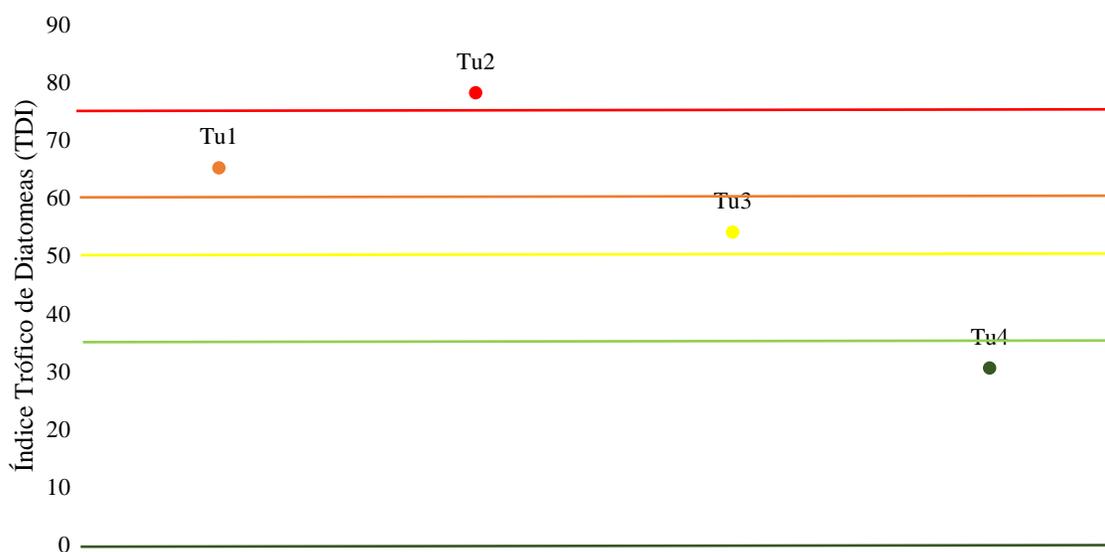


FIGURA 32. Índice Trófico de Diatomeas calculado para los sitios monitoreados en la cuenca El Tuito, Jalisco.

En la Fig. 33 se puede encontrar el resumen de los resultados del cálculo del índice TDI en todos los sitios monitoreados de las cinco cuencas.

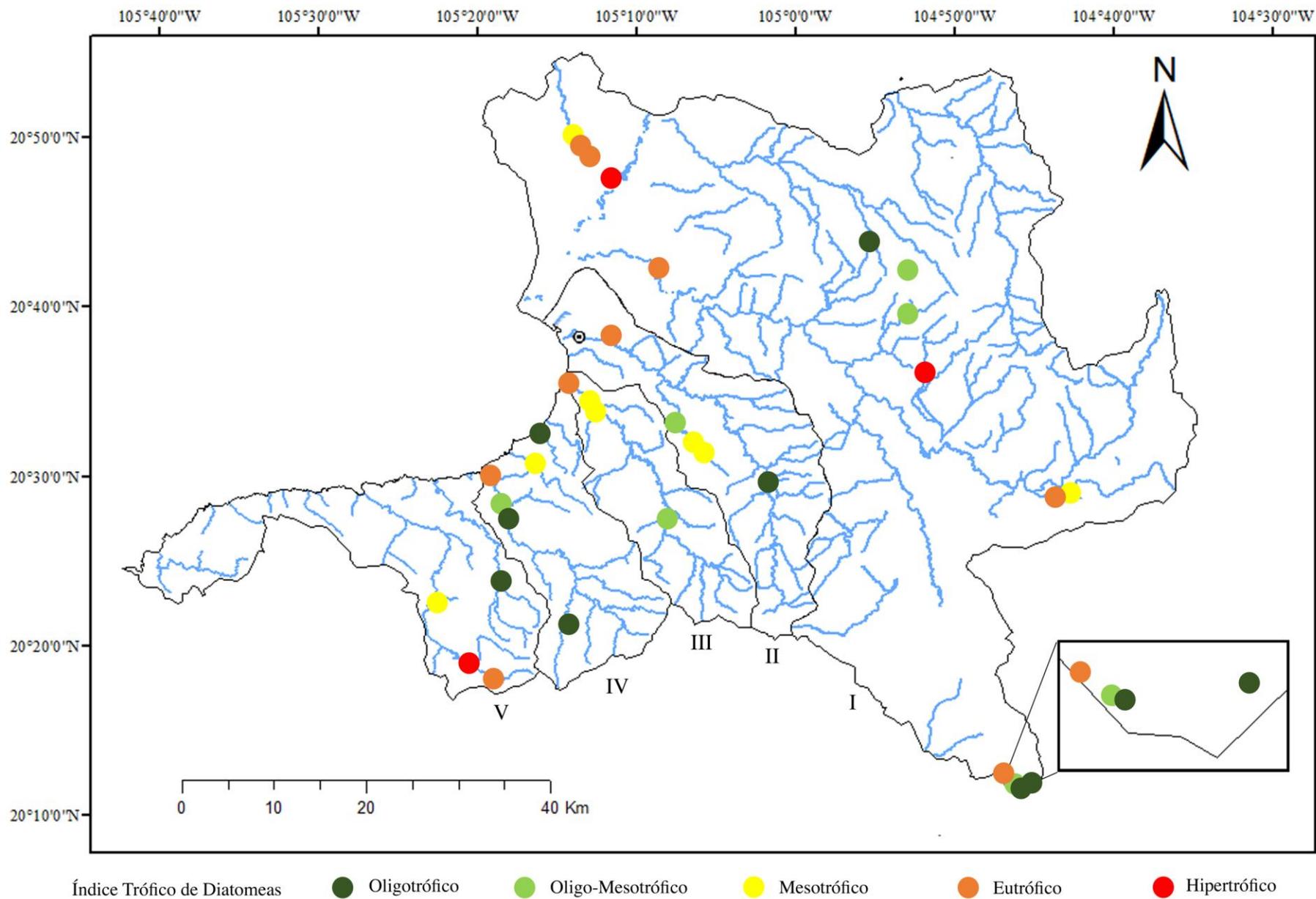


FIGURA 33. Resultados del Índice Trófico de Diatomeas (TDI) calculado durante la temporada de secas en los 34 sitios monitoreados de las cuencas I Ameca-Mascota, II Pitilla, III Cuale, IV Las Juntas y V El Tuito, que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

4.5 Macrófitas bentónicas

La comunidad macrofitas estuvo conformada por 8 grandes filos (la gran mayoría macroalgas) distribuidos en 2 reinos: el filo Cyanobacteria (algas verde-azules) que pertenece al reino Prokaryota y los filos Charophyta (carofitas), Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas rojas), Ochrophyta (algas pardas), Bryophyta (musgos), Pteridophyta (helechos) y Tracheophyta (plantas vasculares) que se encuentran dentro del reino Eukaryota.

El filo Cyanobacteria fue el más diverso registrando 15 géneros distintos dentro de las 5 cuencas (Fig. 34), es el filo más común y mayormente encontrado en ríos de todo el mundo seguido de los filos Rhodophyta y Chlorophyta que en este reporte fueron de los más representativos.

La cuenca Ameca-Mascota, obtuvo la mayor riqueza de registros de macrofitas (20) por ser la cuenca con más extensión y con mayor número de sitios la mayoría de macrofitas del filo Cyanobacteria, mientras que la cuenca El Cuale tuvo la menor riqueza (7) registrando dominancia de organismos del filo Cyanobacteria. El estero El Salado presentó solamente 1 macrofita perteneciente al filo Chlorophyta.

En la Tabla 13 se muestra la clasificación taxonómica de las macrofitas así como un catálogo con ilustraciones de cada *taxa*.

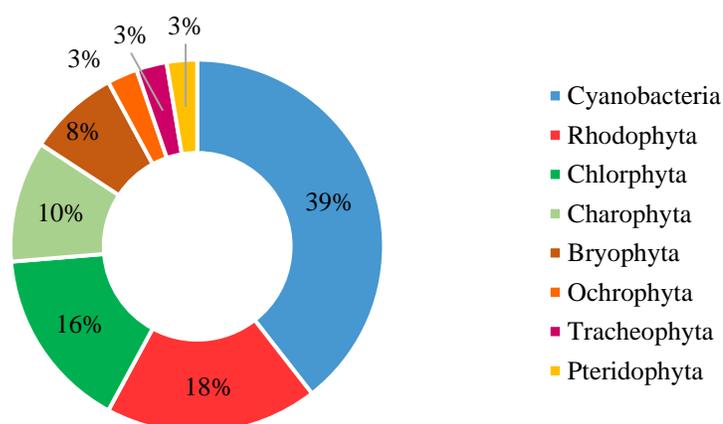


FIGURA 34. Diversidad de macrofitas acuáticas por filos

TABLA 13. Diversidad y clasificación taxonómica de las macrofitas bentónicas registradas en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

Imperio	Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura
Prokaryota	Eubacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i>	35 A-H
					Hapalosiphonaceae	<i>Nostochopsis</i>	<i>Nostochopsis</i>	36 A-H
					Nostocaceae	<i>Nostoc</i>	<i>Nostoc</i>	37 A-H
					Rivulariaceae	<i>Rivularia</i>	<i>Rivularia</i>	38 A-H
					Tolypothrichaceae	<i>Tolypothrix</i>	<i>Tolypothrix</i>	39 A-H
				Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya 1</i>	40 A-H
						<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya 2</i>	41 A-H
						<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya 3</i>	42 A-H
					Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria 1</i>	43 A-B
						<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria 2</i>	43 C-H
						<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria 3</i>	44 A-H
						<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria 4</i>	45 A-F
						<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria 5</i>	46 A-F
						<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium 1</i>	47 A-H
<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium 2</i>	48 A-H						
Eukaryota	Plantae	Charophyta	Charophyceae	Charales	Characeae	<i>Nitella</i>	<i>Nitella</i>	49 A-H
				Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium</i>	<i>Klebsormidium</i>	50 A-F
			Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	<i>Spirogyra</i>	<i>Spirogyra</i>	51 A-H
				Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i>	<i>Zygnema</i>	52 A-H

Imperio	Reino	Filo	Clase	Órden	Familia	Género	Taxa	Figura
		Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>	<i>Chaetophora</i>	53 A-F
				Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>Oedogonium</i>	54 A-H
			Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i>	<i>Rhizoclonium</i>	55 A-H
						<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora</i>	56 A-H
				Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>	<i>Ulothrix</i>	57 A-F
				Ulvaes	Ulvaceae	<i>Ulva</i>	<i>Ulva intestinalis</i>	67 A-H
		Rhodophyta	Florideophyceae	Hildenbrandiales	Hildenbrandiaceae	<i>Hildenbrandia</i>	<i>Hildenbrandia</i>	58 A-F
				Batrachospermales	Batrachospermaceae	<i>Batrachospermum</i>	<i>Batrachospermum</i>	59 A-H
						<i>Kumanoa</i>	<i>Kumanoa</i>	60 A-H
					Lemaneaceae	<i>Paralemanea</i>	<i>Paralemanea</i>	61 A-F
							<i>Chantransia</i>	62 A-H
	Chromista	Ochrophyta	Xanthophyceae	Vaucheriales	Vaucheriaceae	<i>Vaucheria</i>	<i>Vaucheria</i>	63 A-H
	Plantae	Bryophyta					Bryophyta 1	64 A-B
							Bryophyta 2	64 C-D
							Bryophyta 3	64 E-F
		Tracheophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Podostemaceae	<i>Marathrum</i>	<i>Marathrum</i>	65 A-F
	Plantae	NI	NI	NI	NI	NI	Pteridophyta	66 A-H

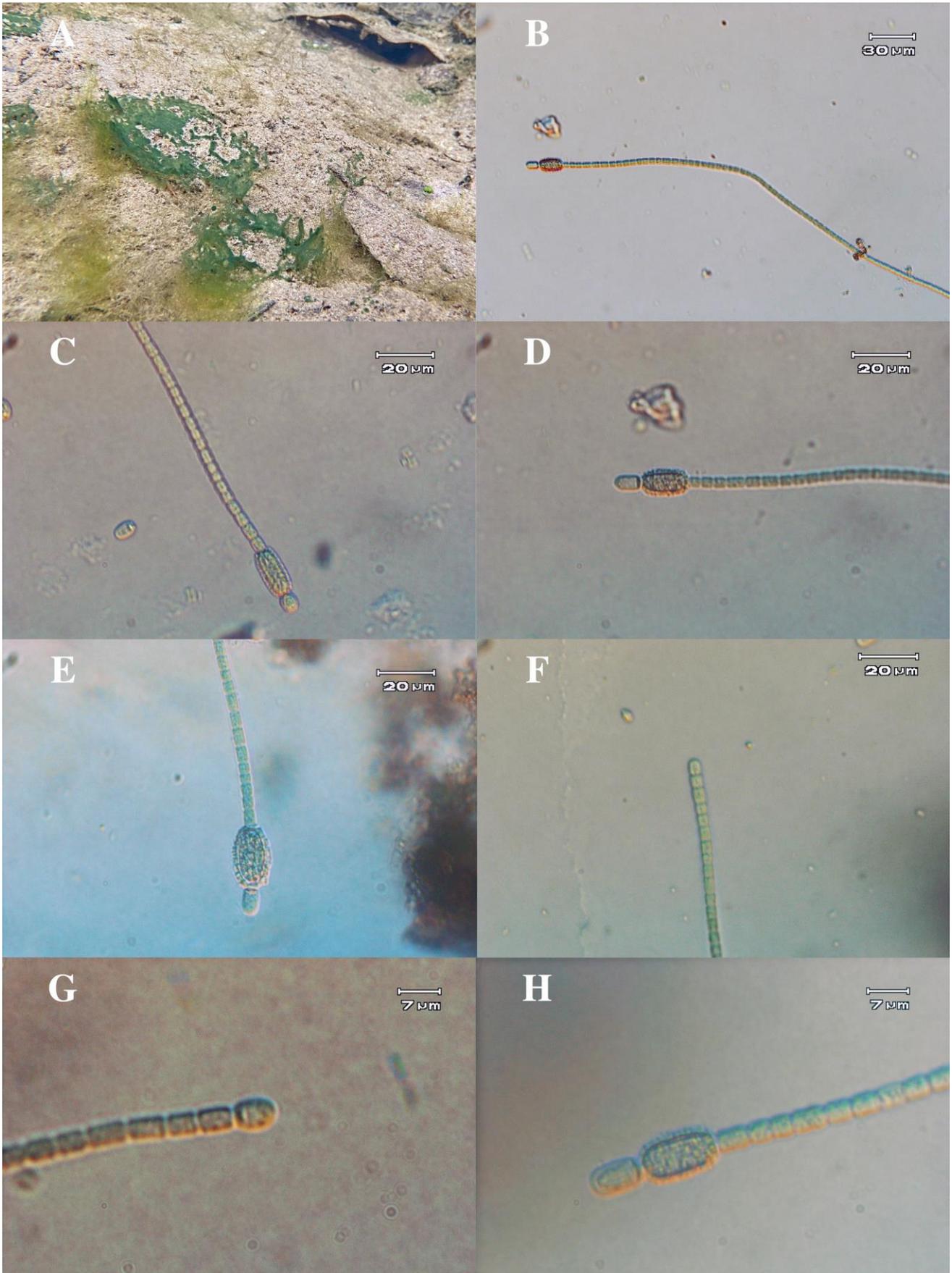


FIGURA 35. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Anabaena*.

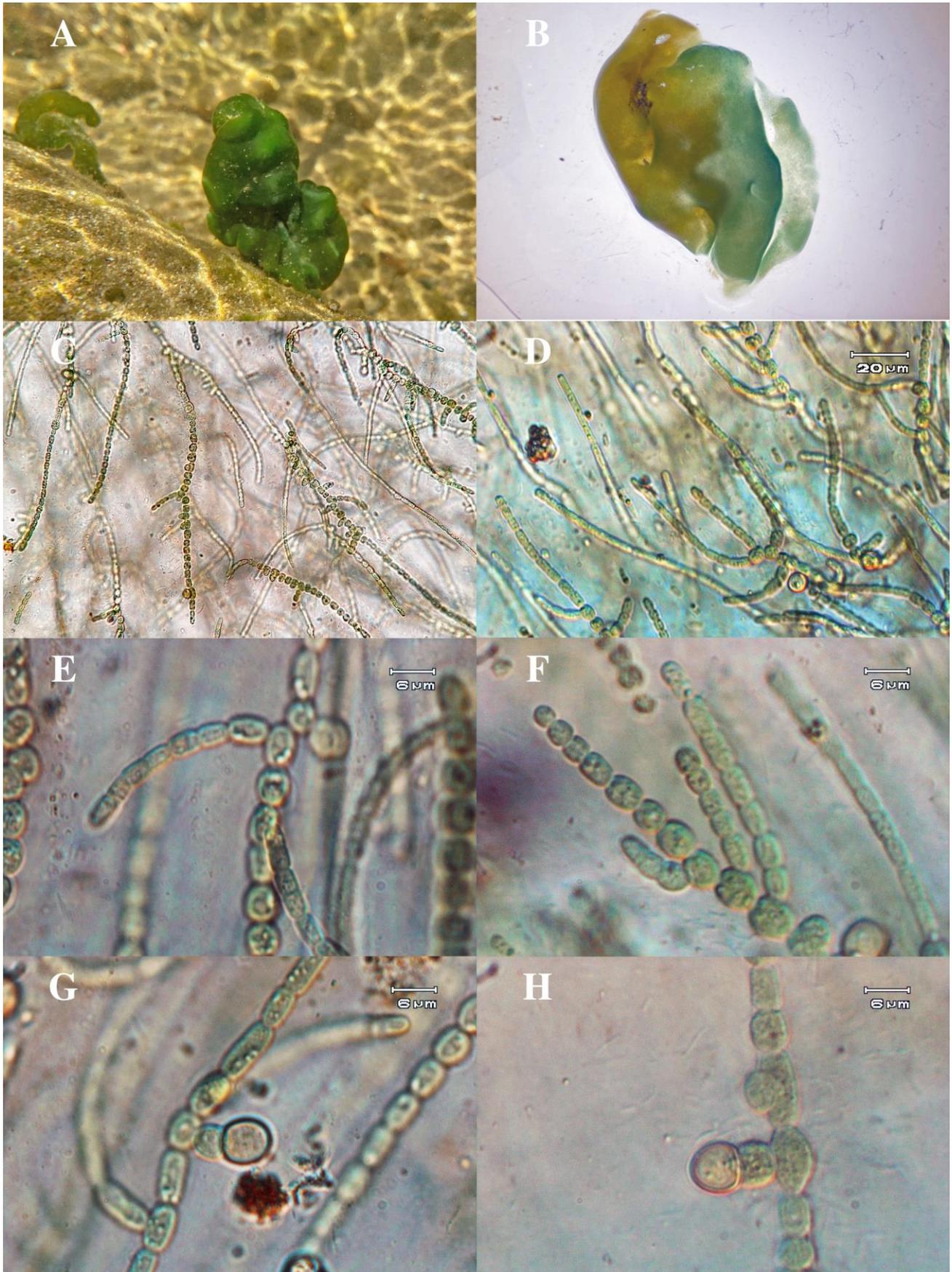


FIGURA 36. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Nostochopsis*.

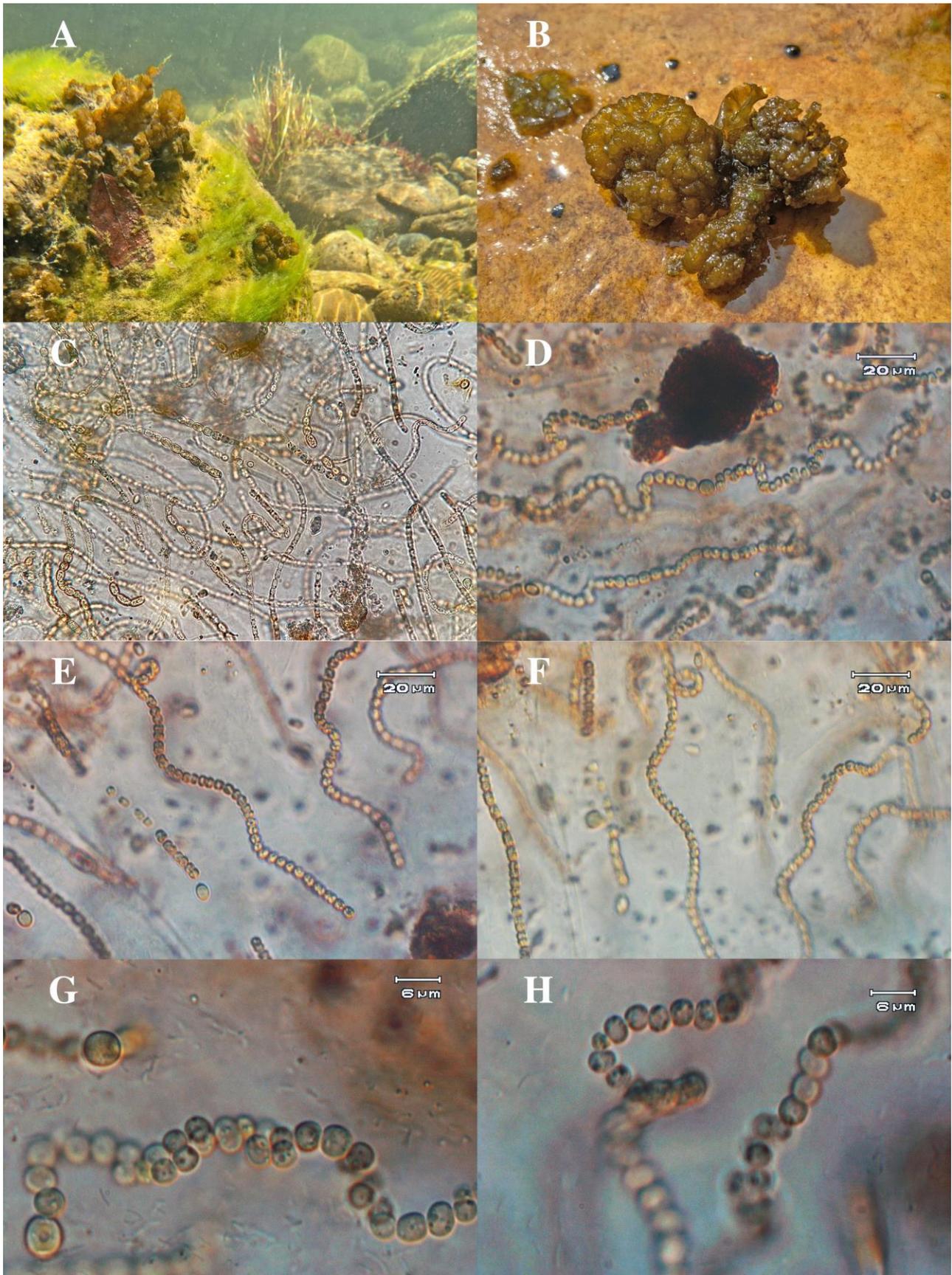


FIGURA 37. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Nostoc*.

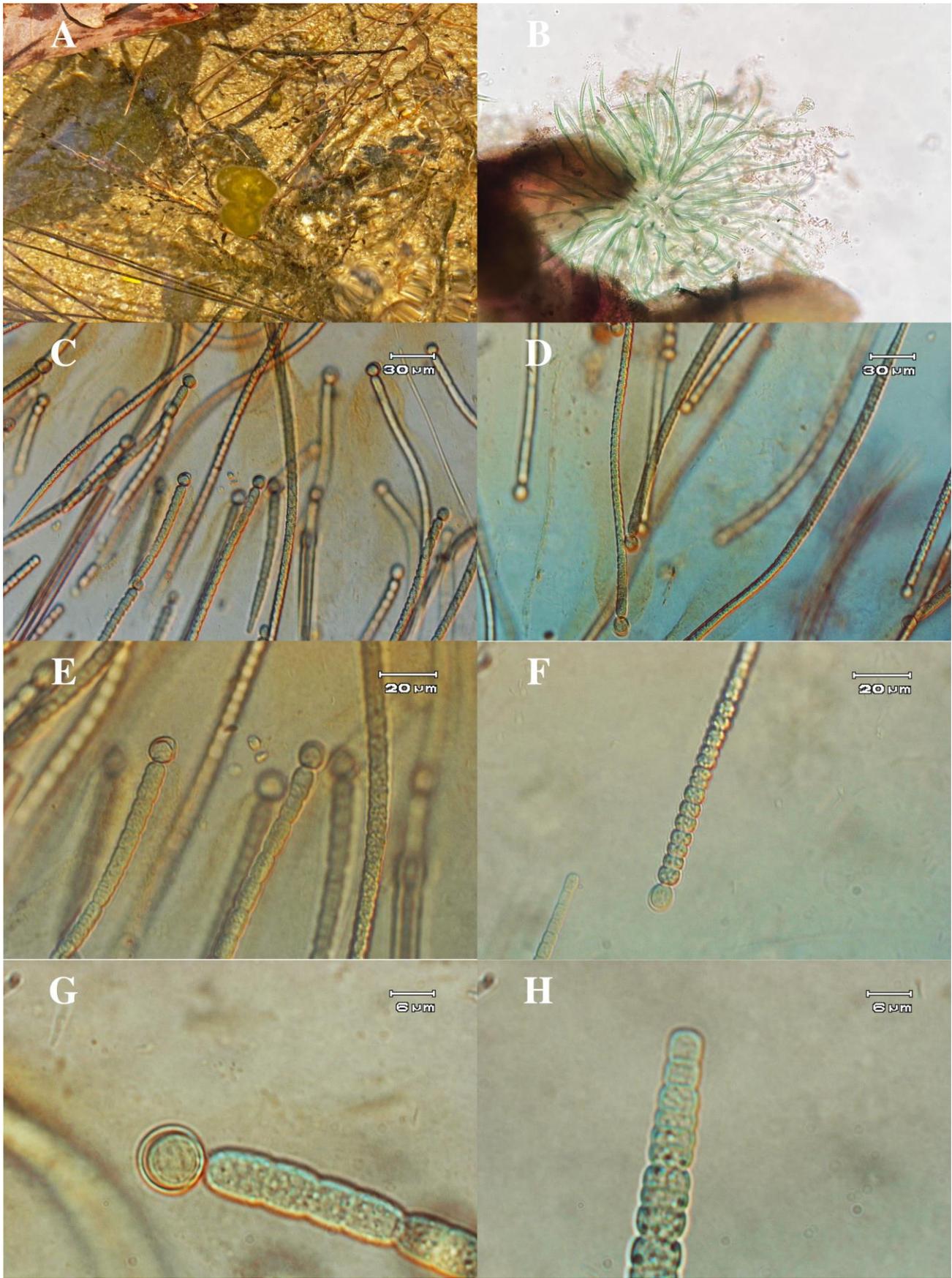


FIGURA 38. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Rivularia*.

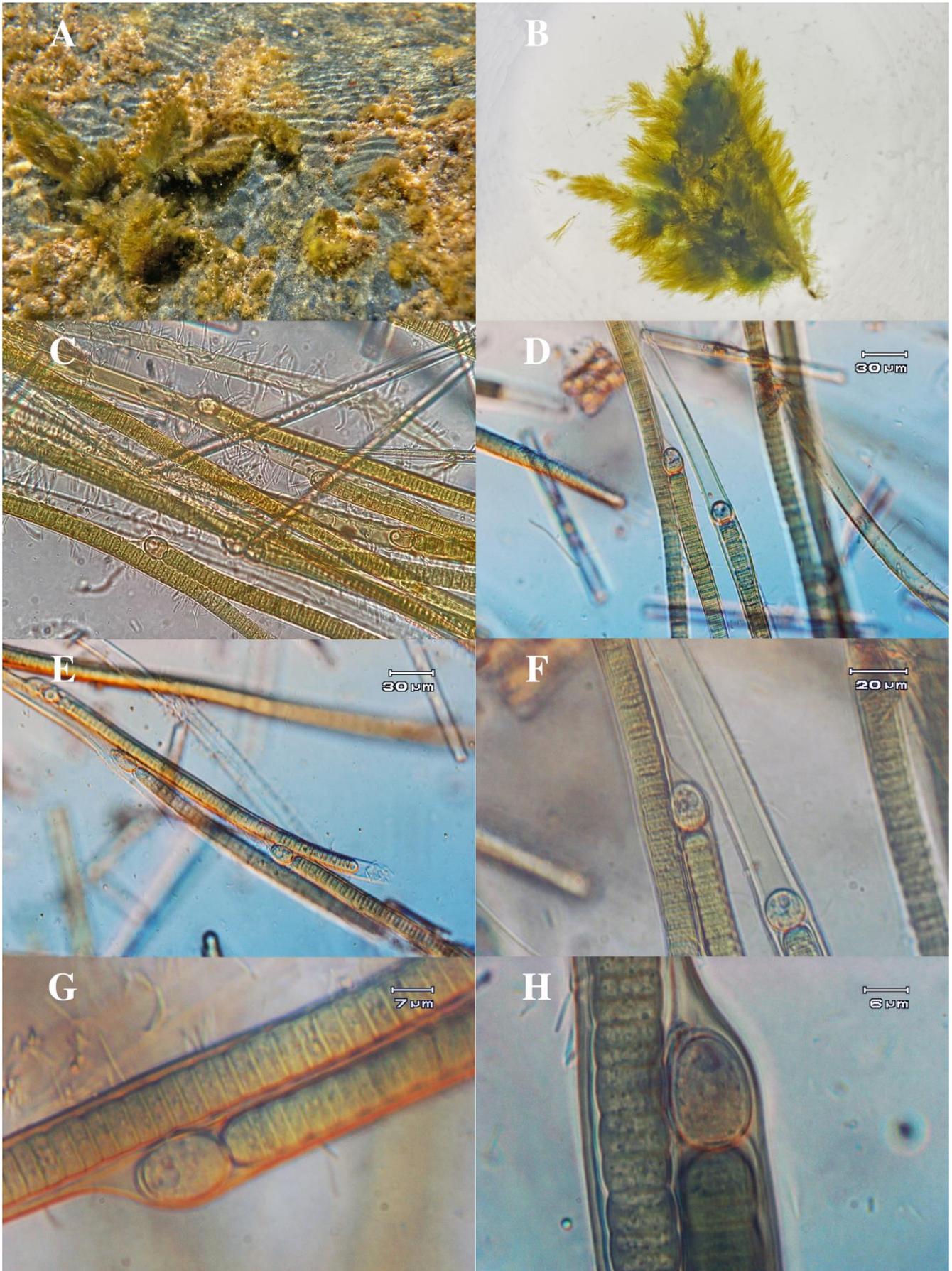


FIGURA 39. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Tolypothrix*.

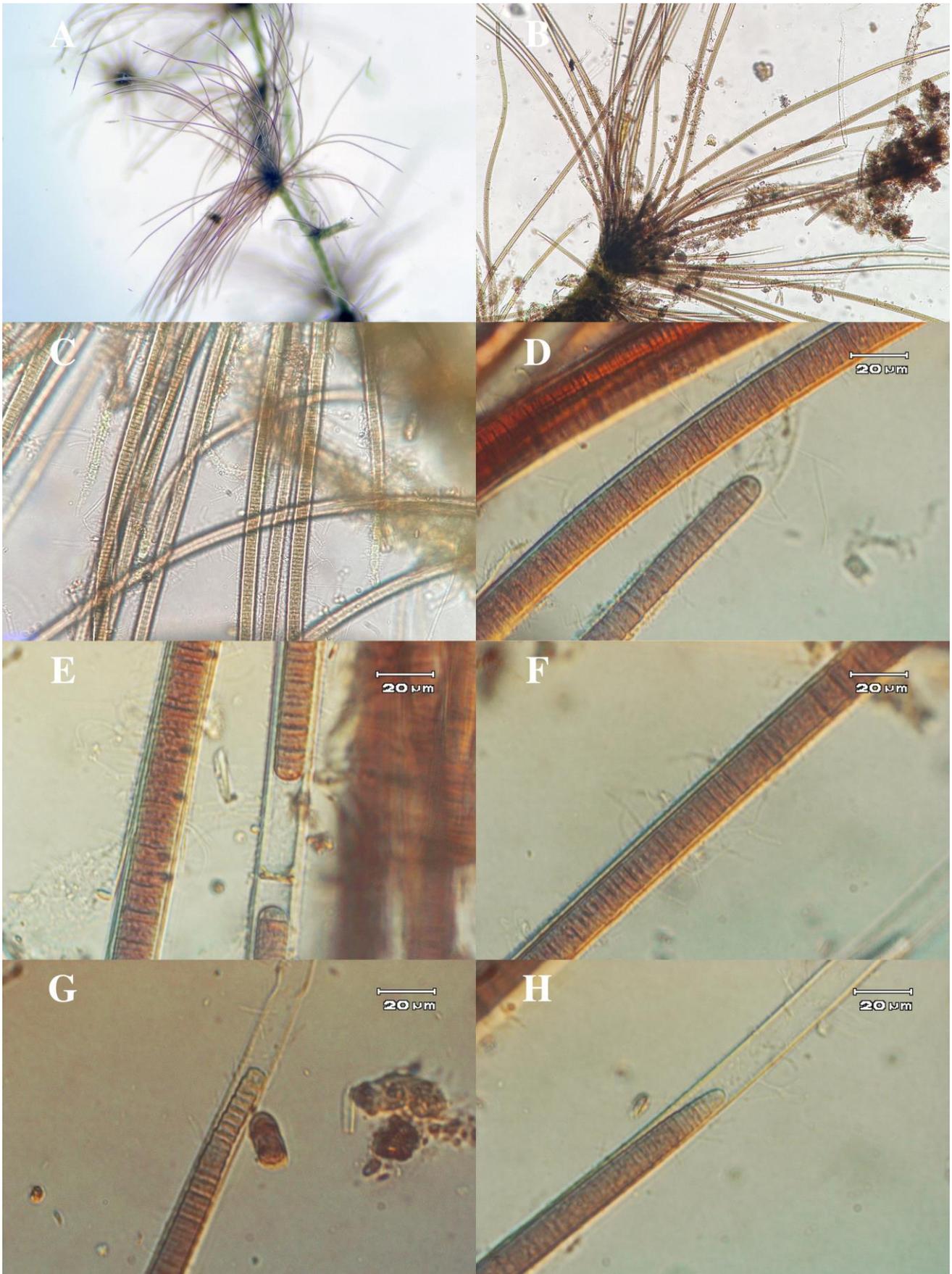


FIGURA 40. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Lyngbya* 1.

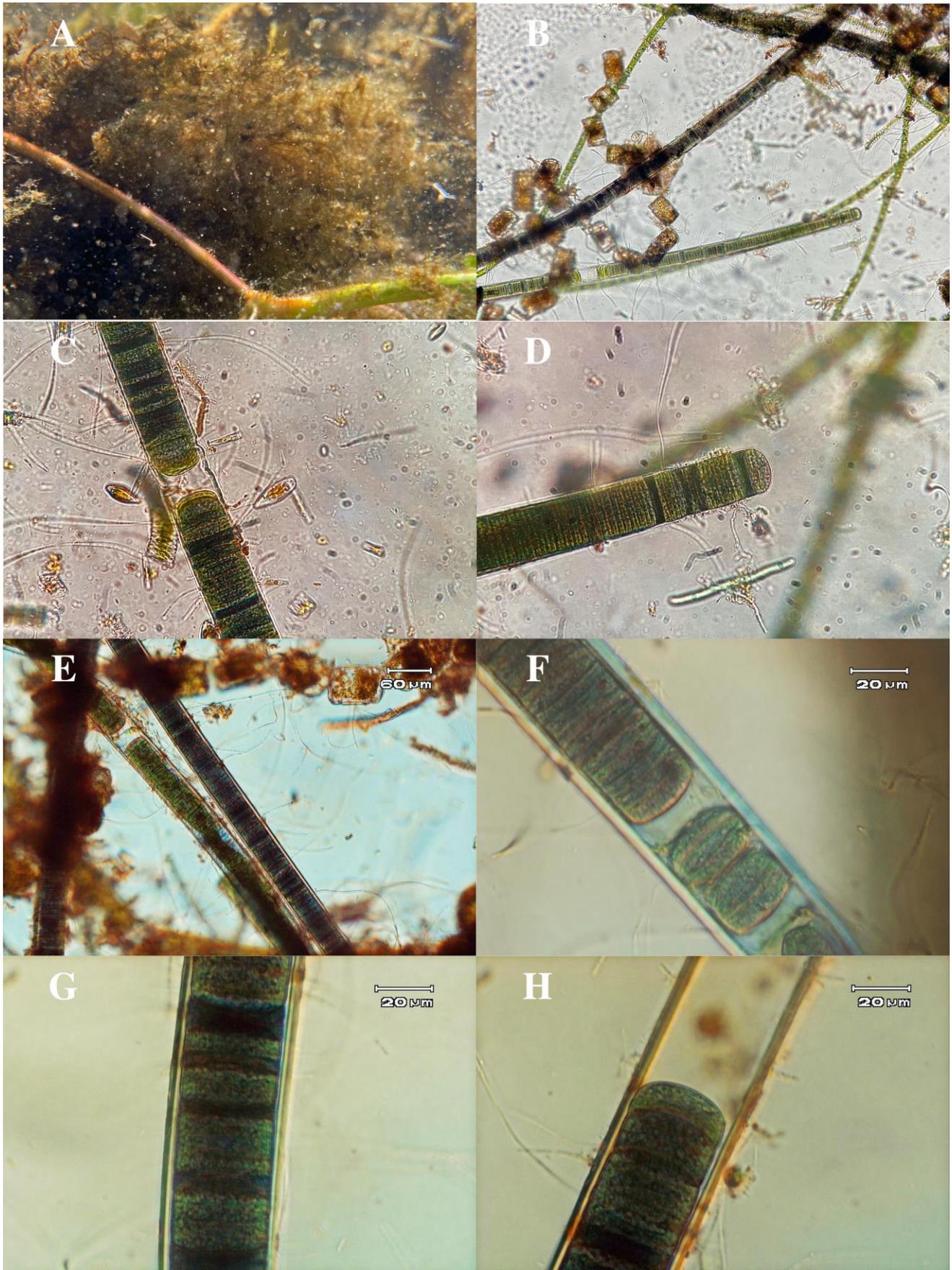


FIGURA 41. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Lyngbya 2*.

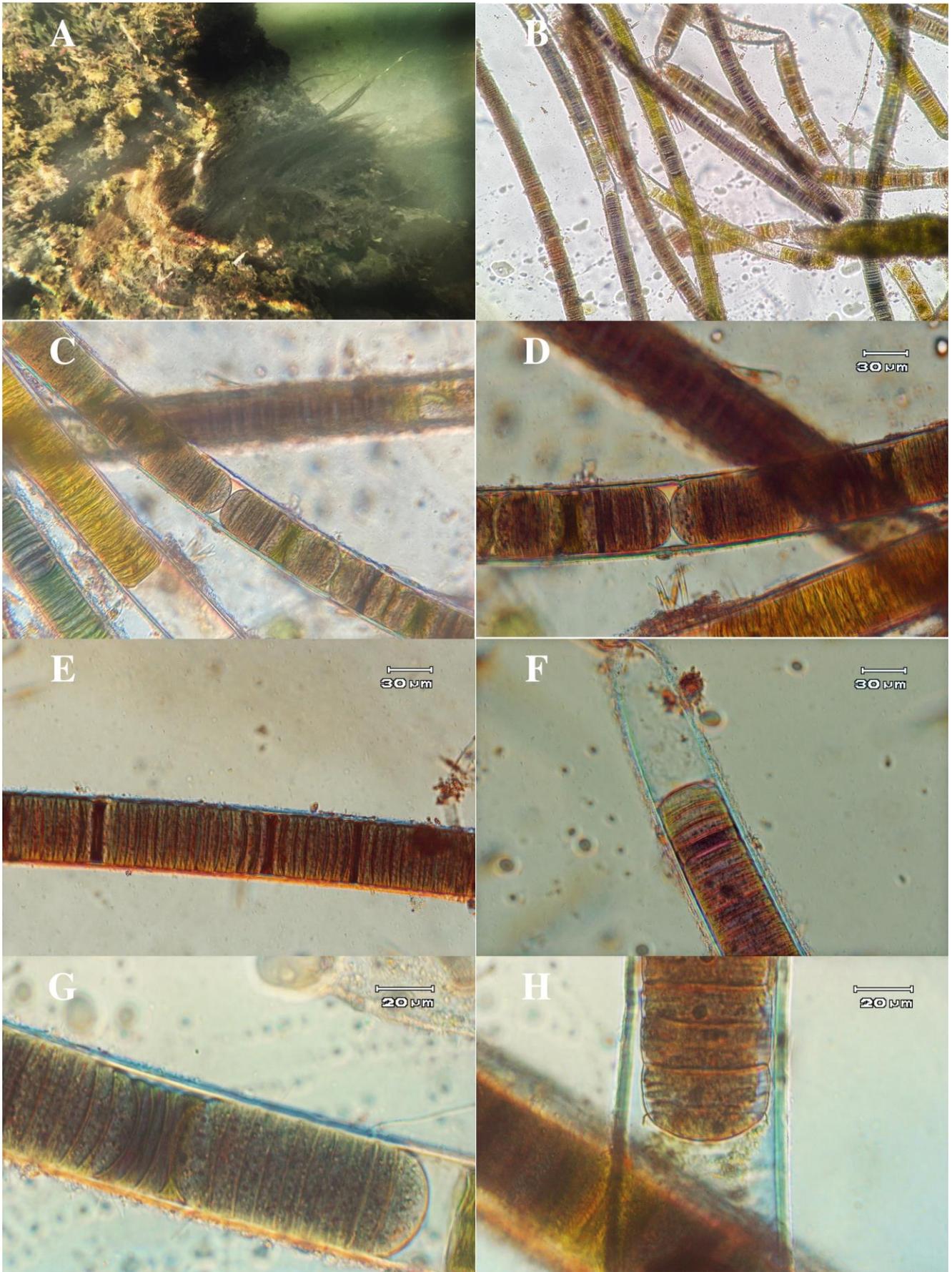


FIGURA 42. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Lyngbya 3*.

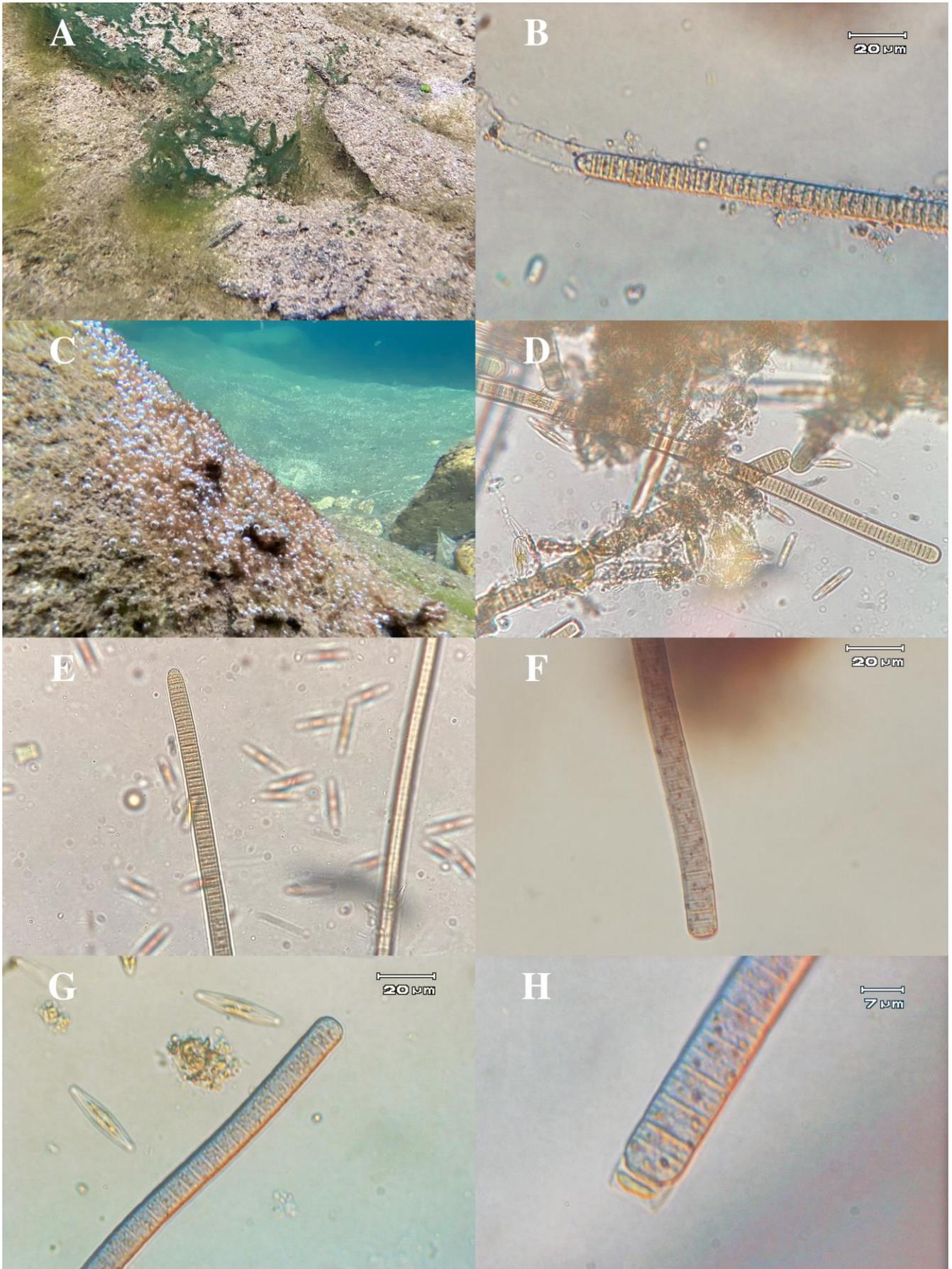


FIGURA 43. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Oscillatoria 1* (A-B) y *Oscillatoria 2* (C-H).

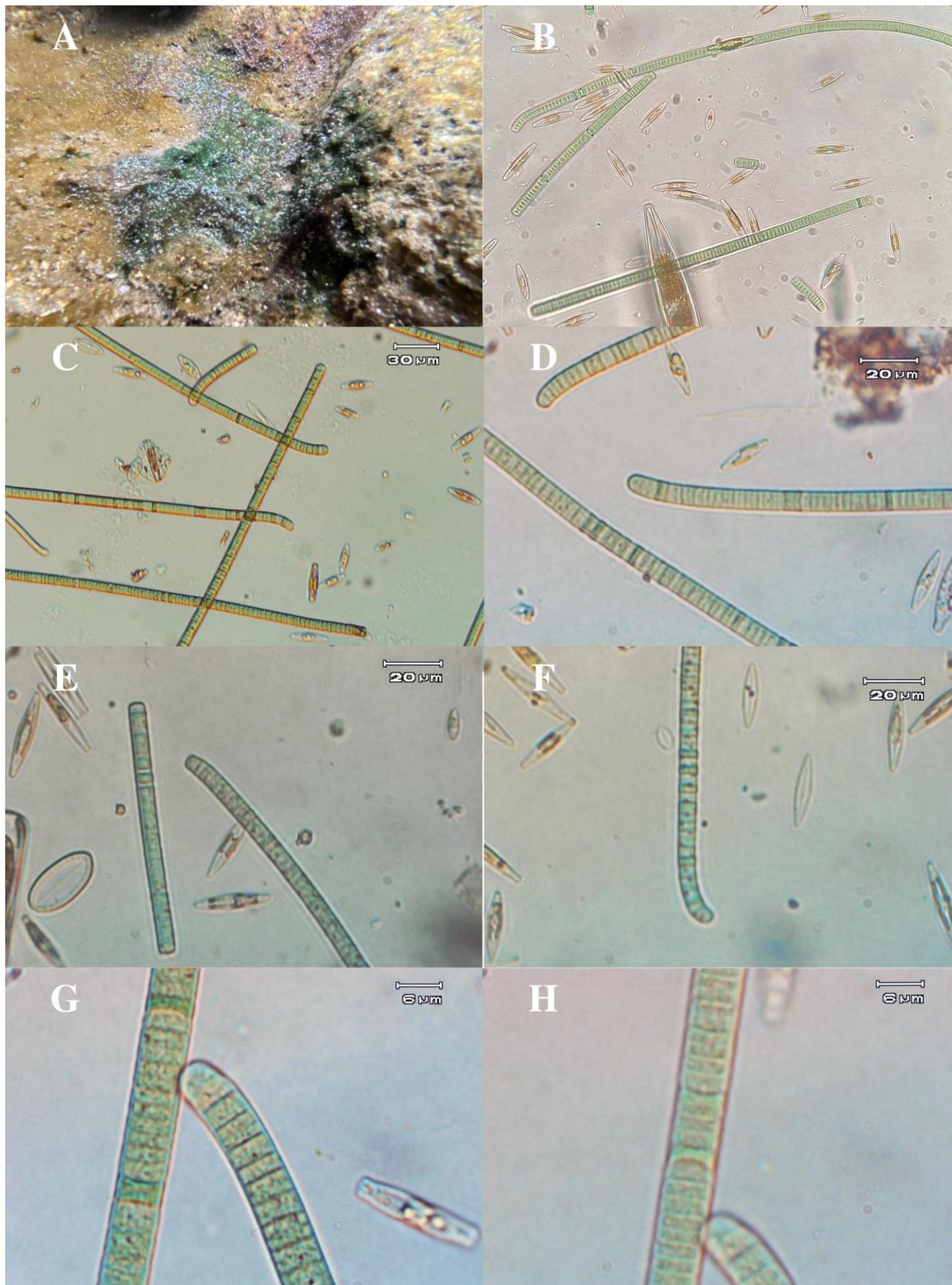


FIGURA 44. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Oscillatoria 3*.

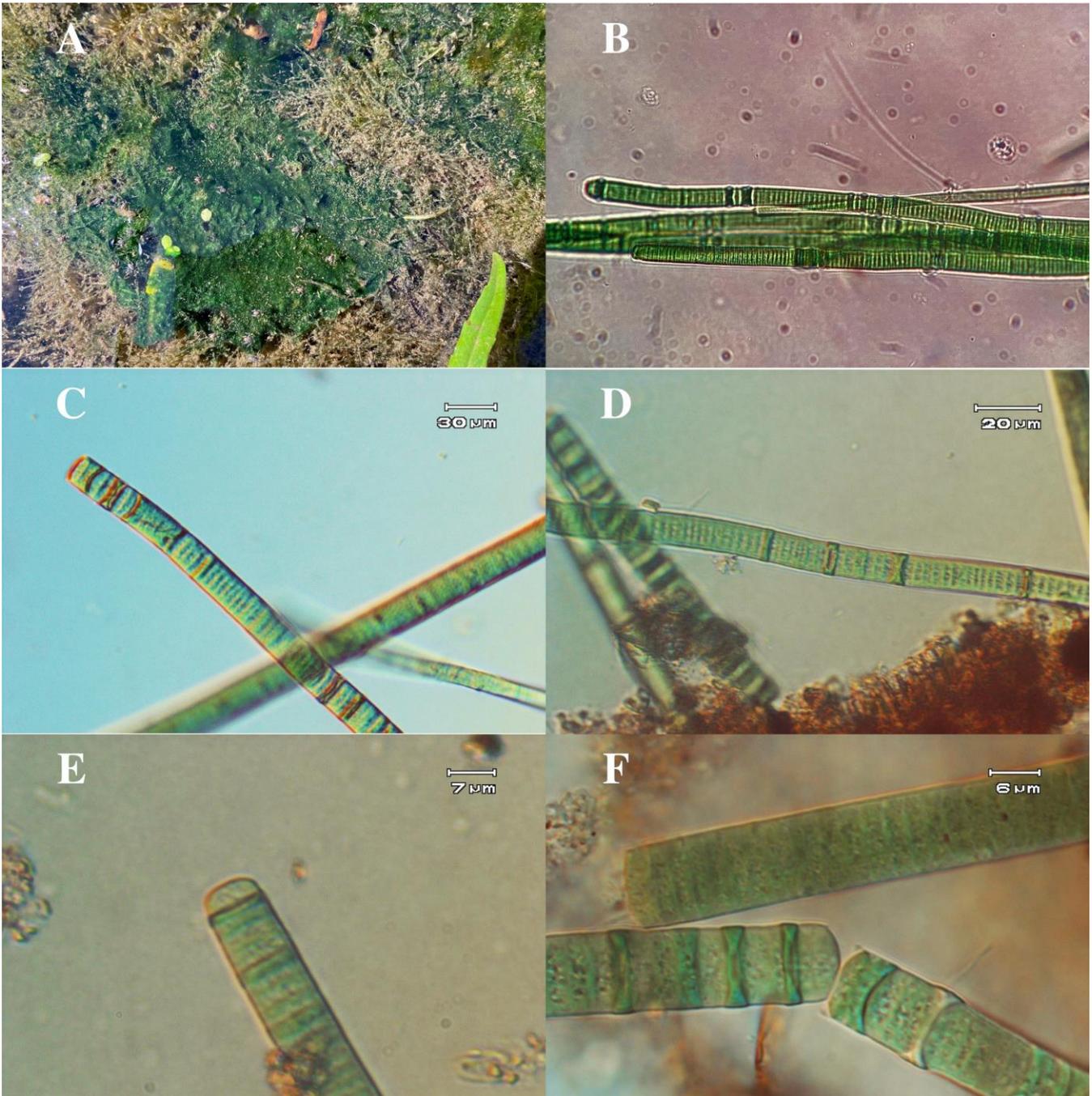


FIGURA 45. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Oscillatoria 4*.

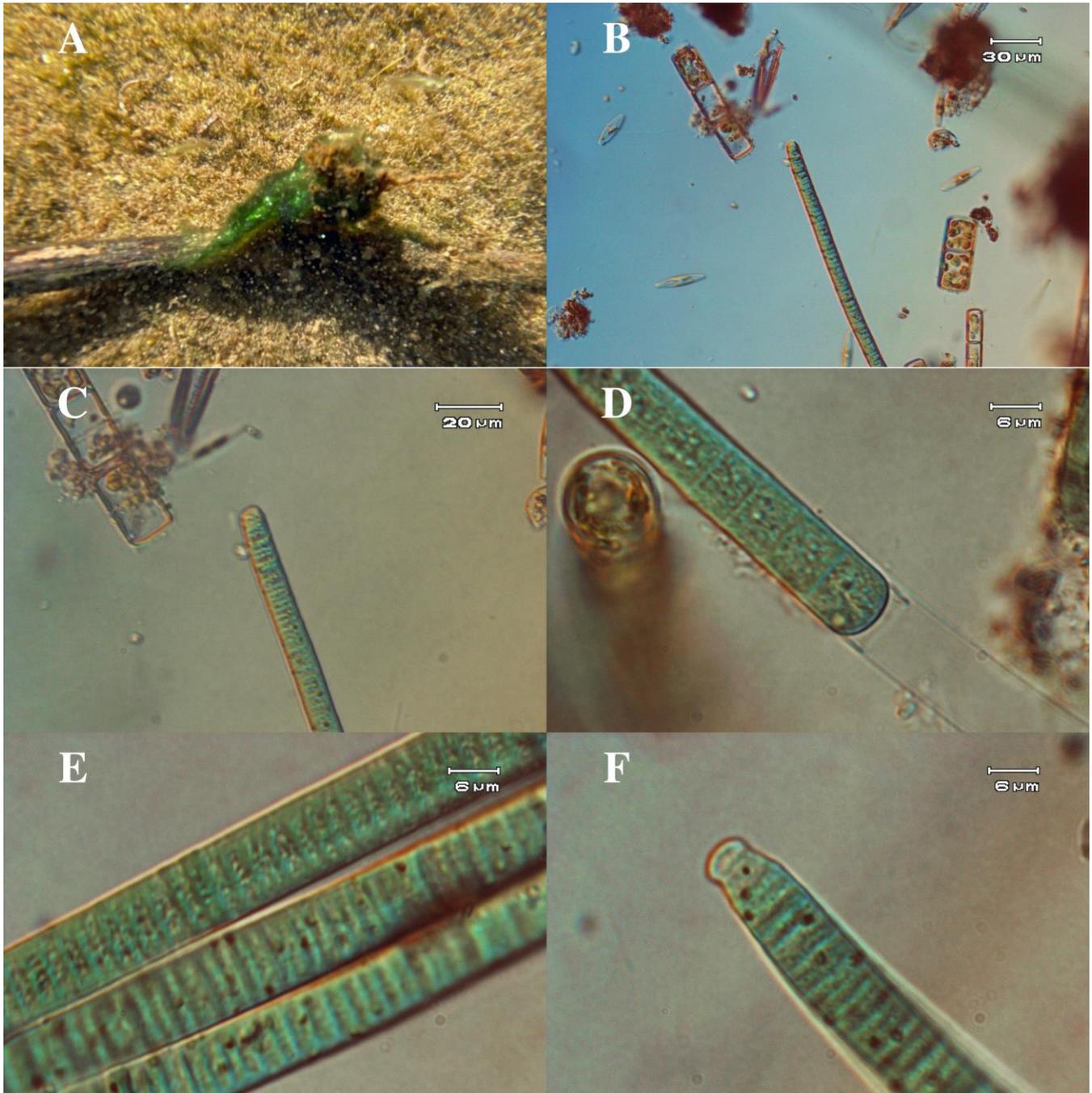


FIGURA 46. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Oscillatoria 5*.

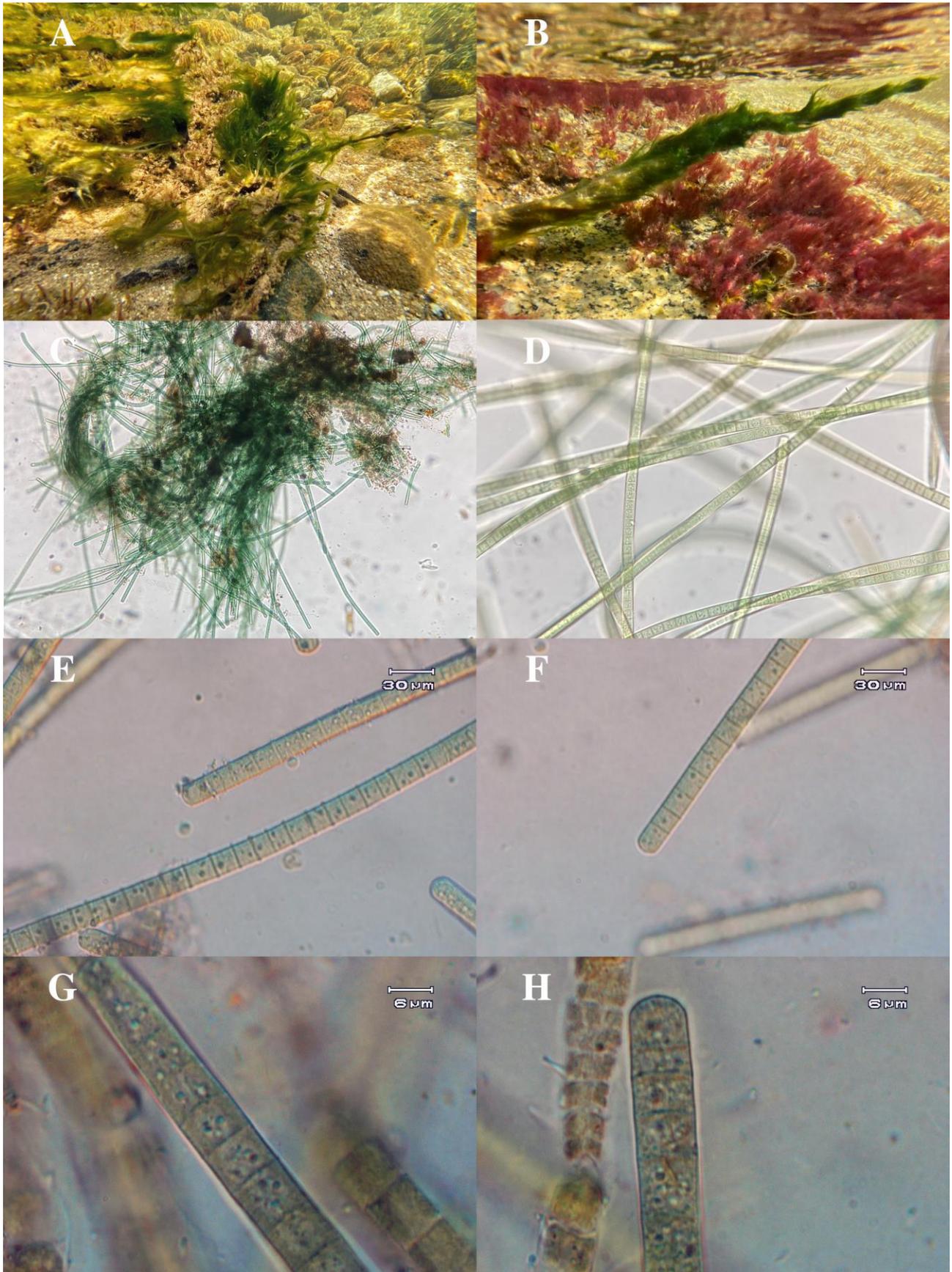


FIGURA 47. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Phormidium 1*.

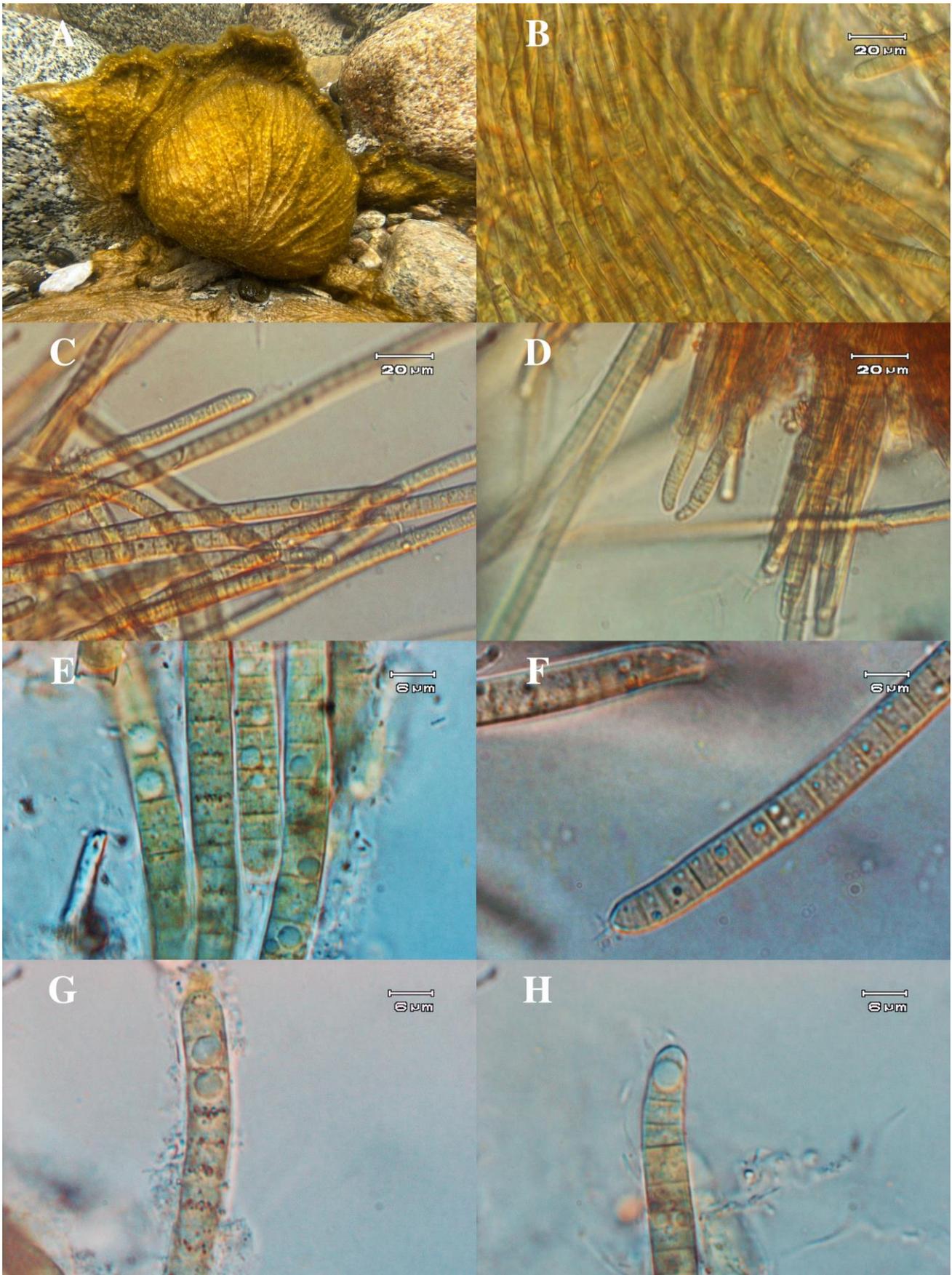


FIGURA 48. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Phormidium 2*.

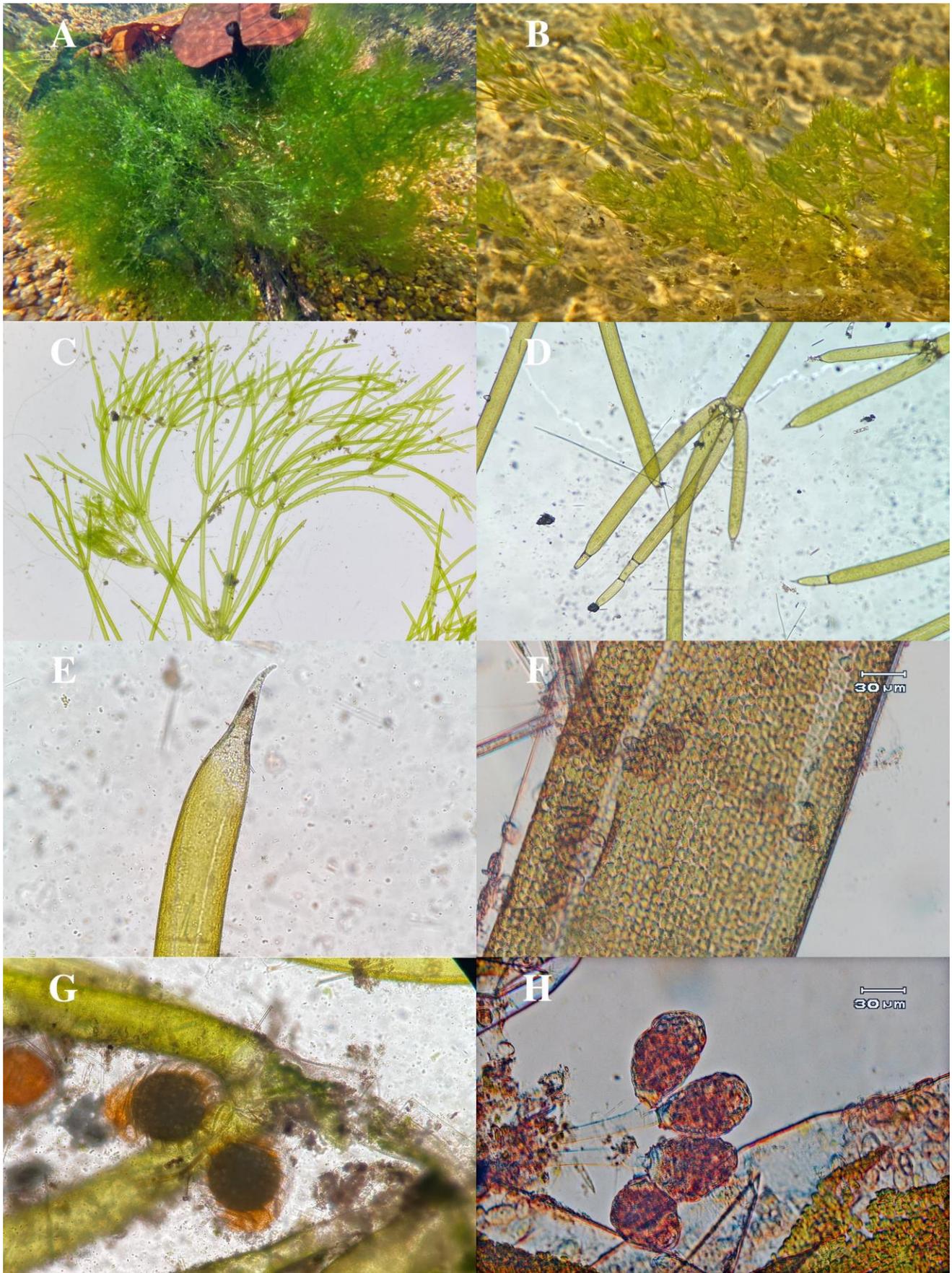


FIGURA 49. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Nitella*.

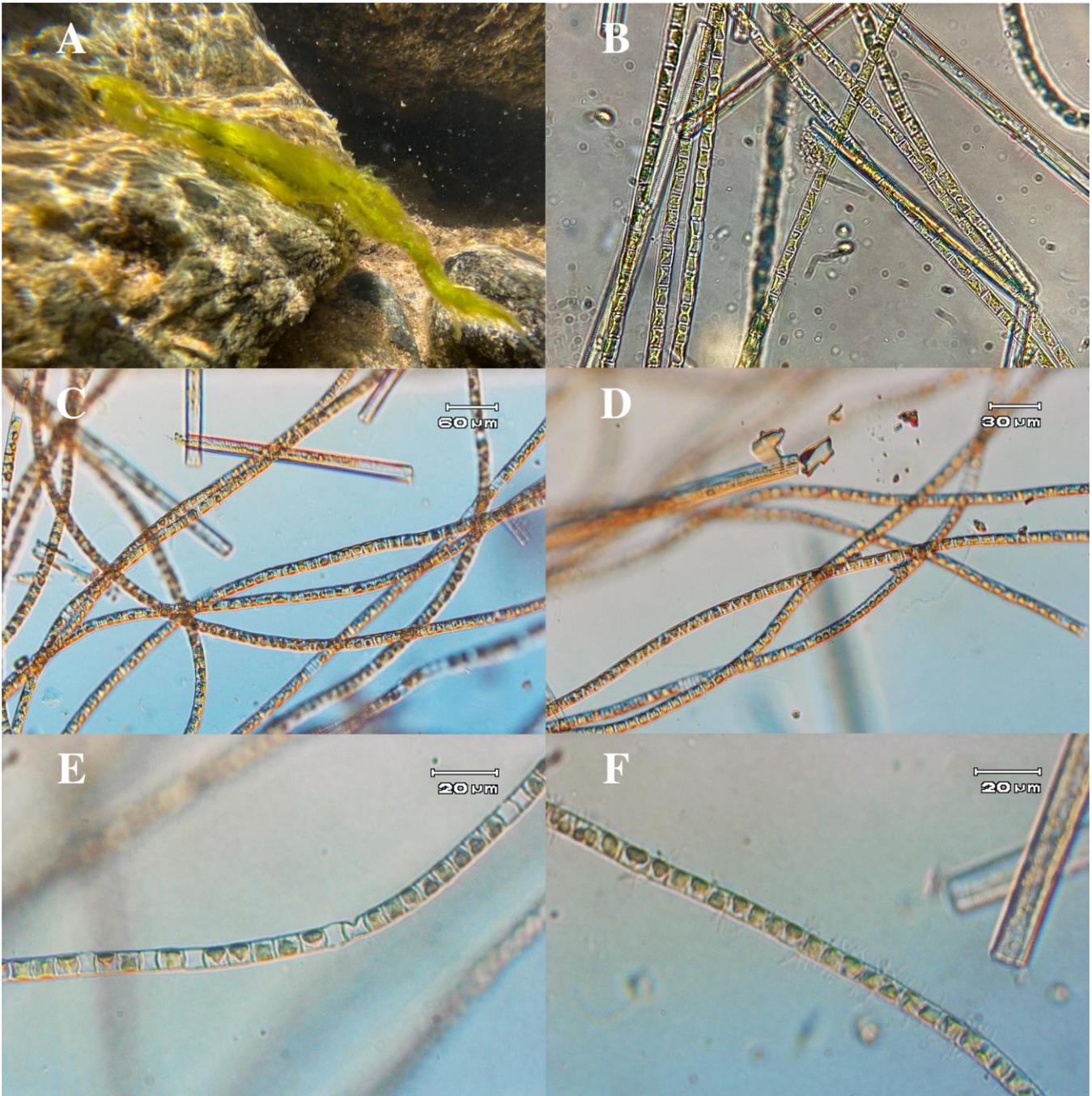


FIGURA 50. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Klebsormidium*.

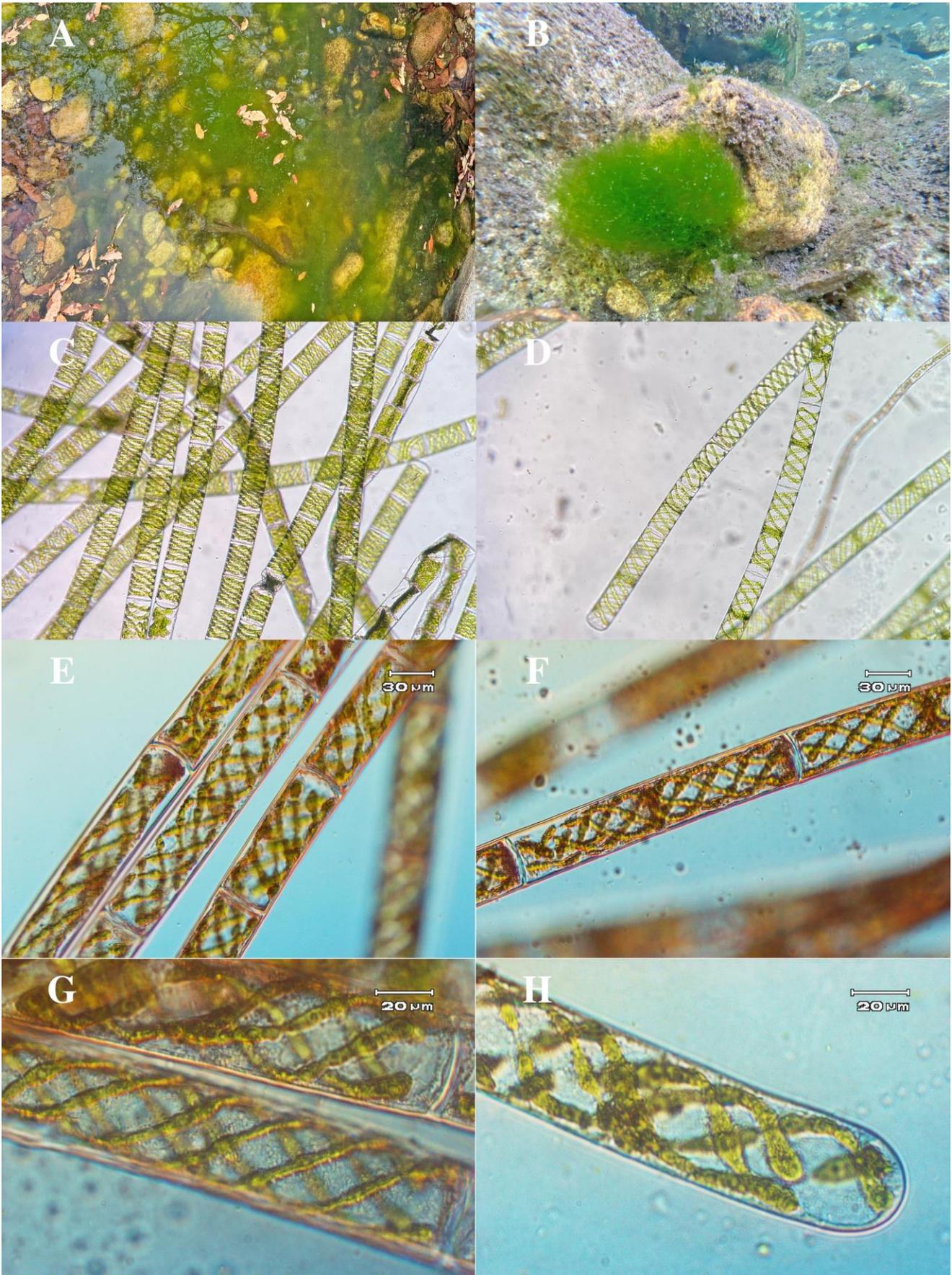


FIGURA 51. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Spirogyra*.

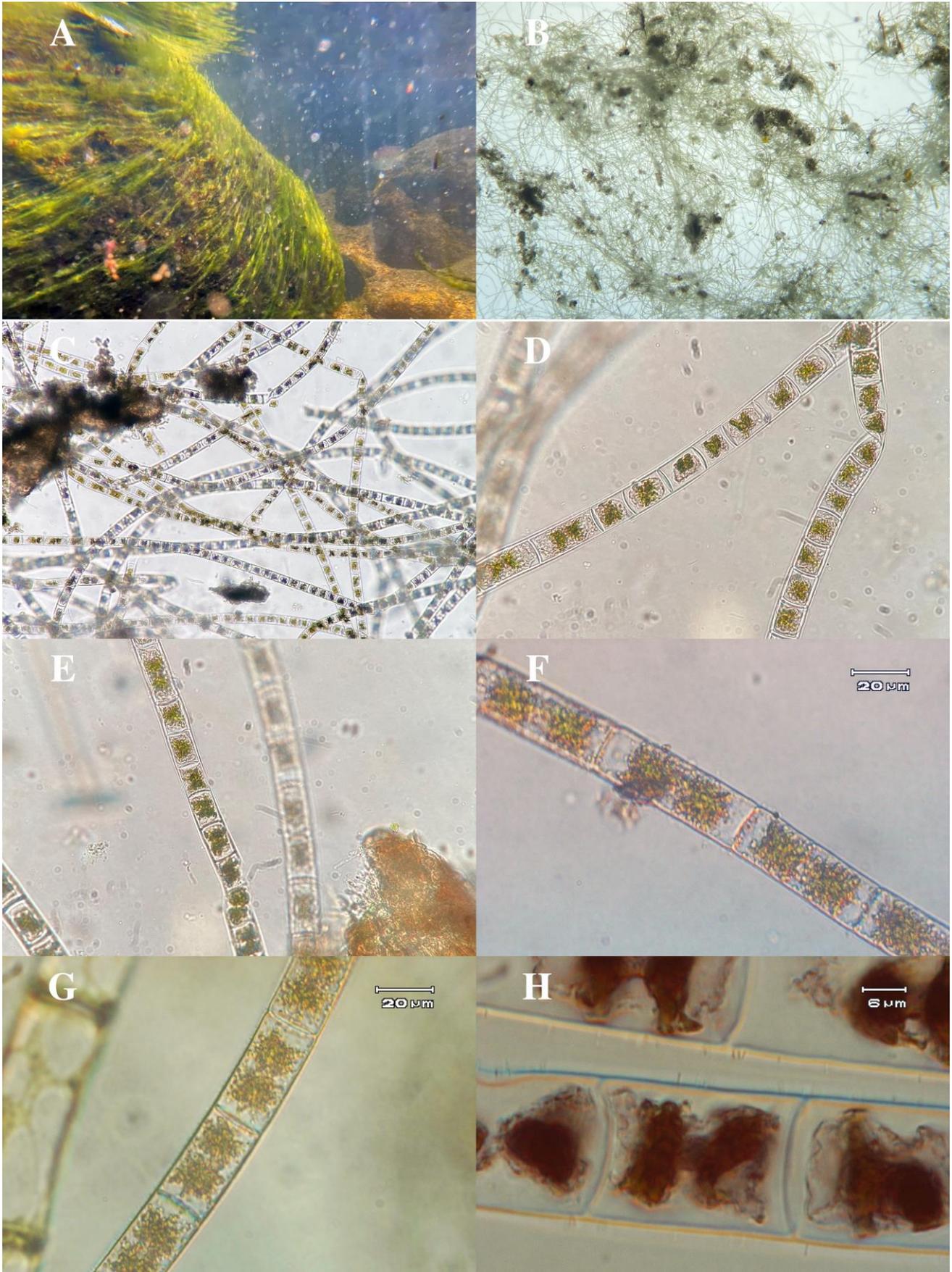


FIGURA 52. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Zygnema*.

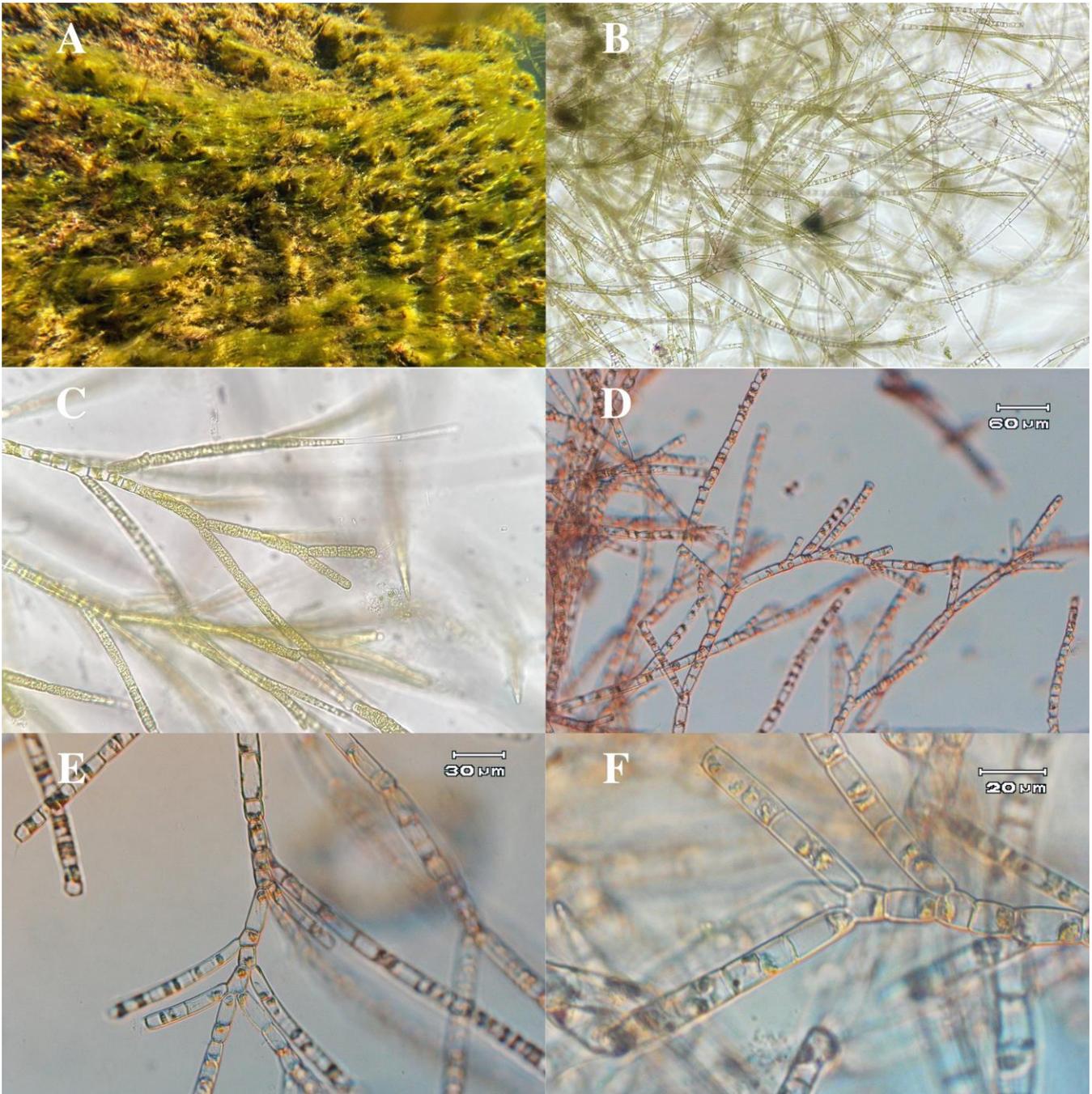


FIGURA 53. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Chaetophora*.

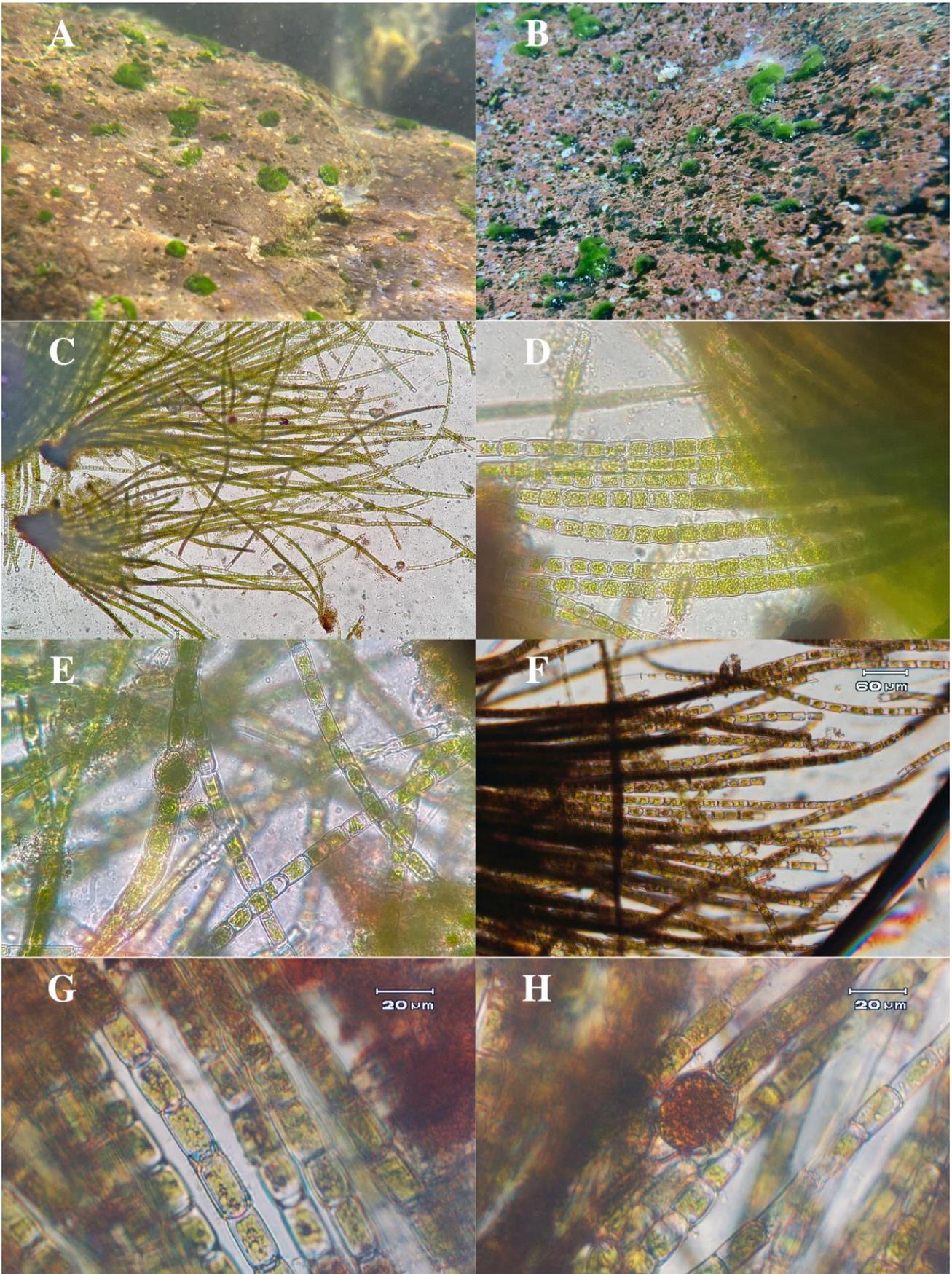


FIGURA 54. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Oedogonium*.

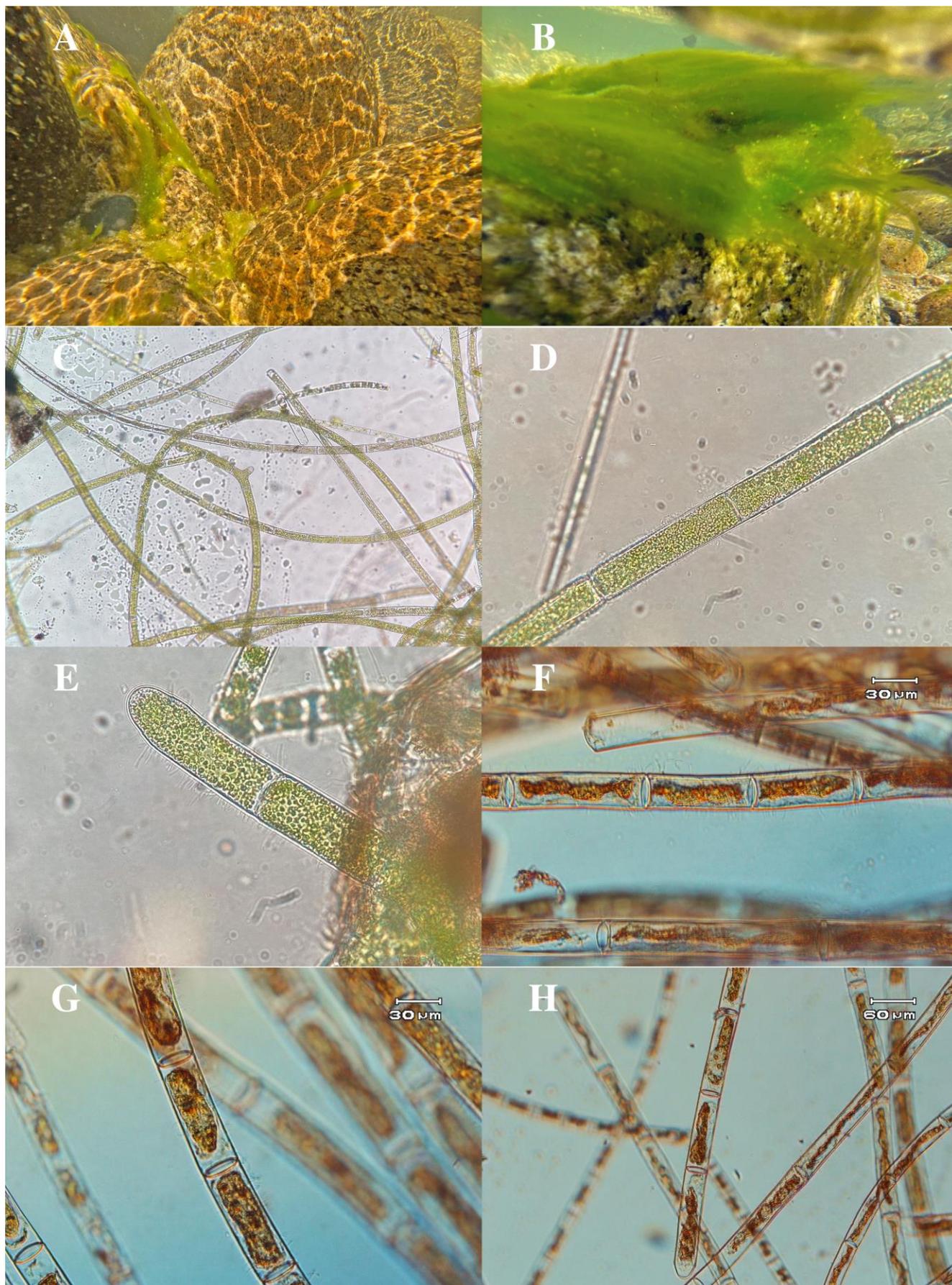


FIGURA 55. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Rhizoclonium*.

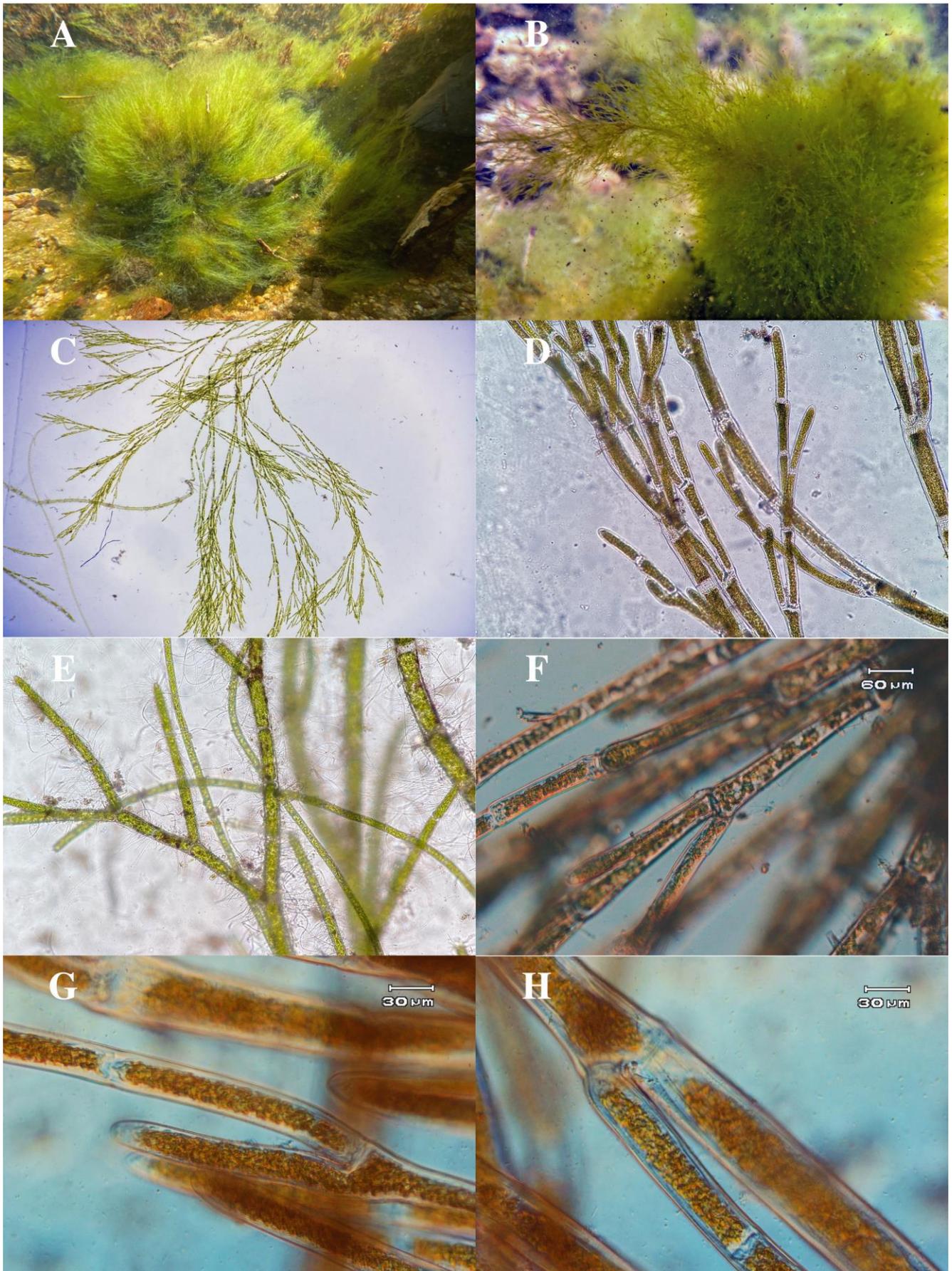


FIGURA 56. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Cladophora*.

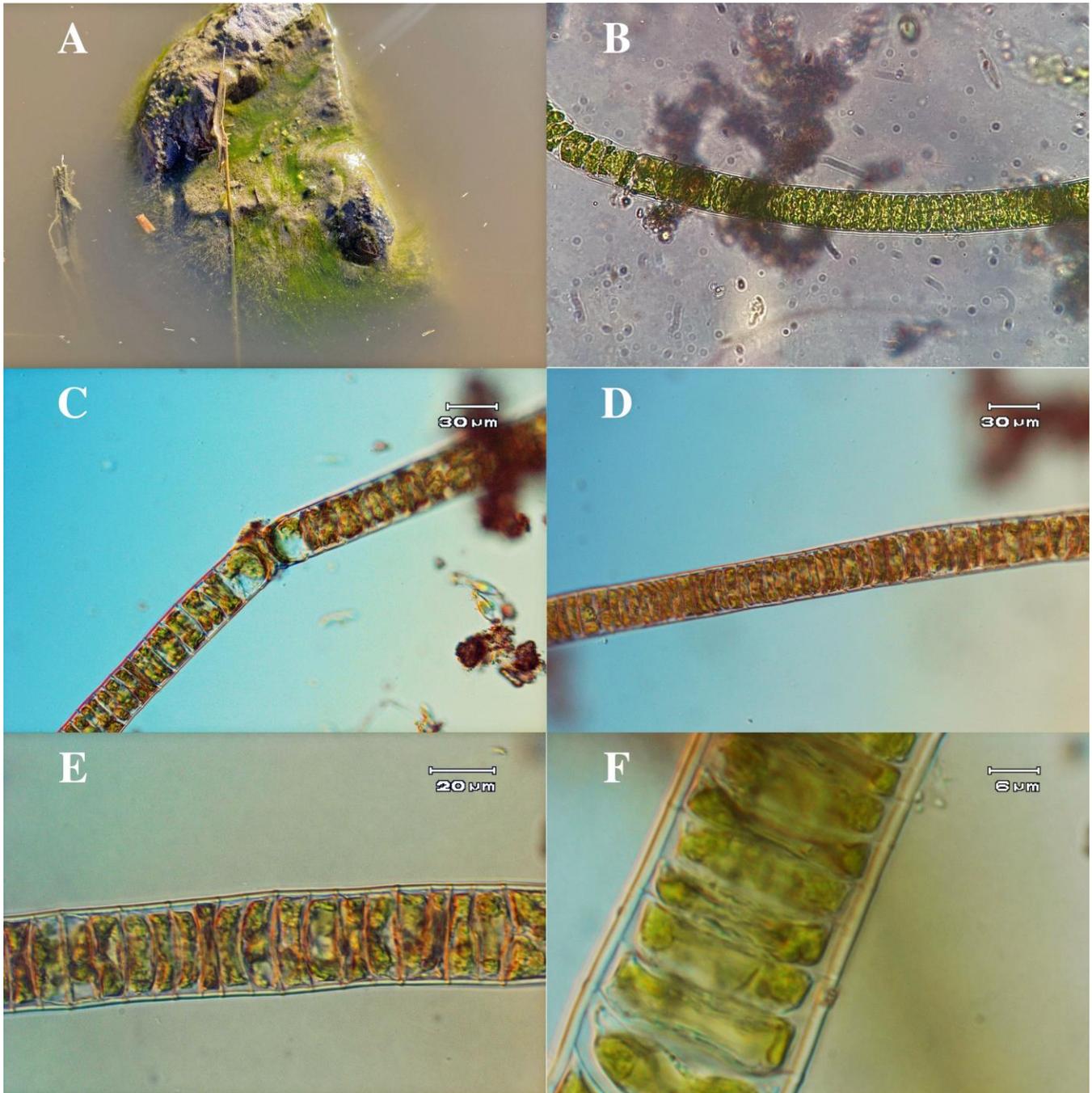


FIGURA 57. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Ulothrix*.

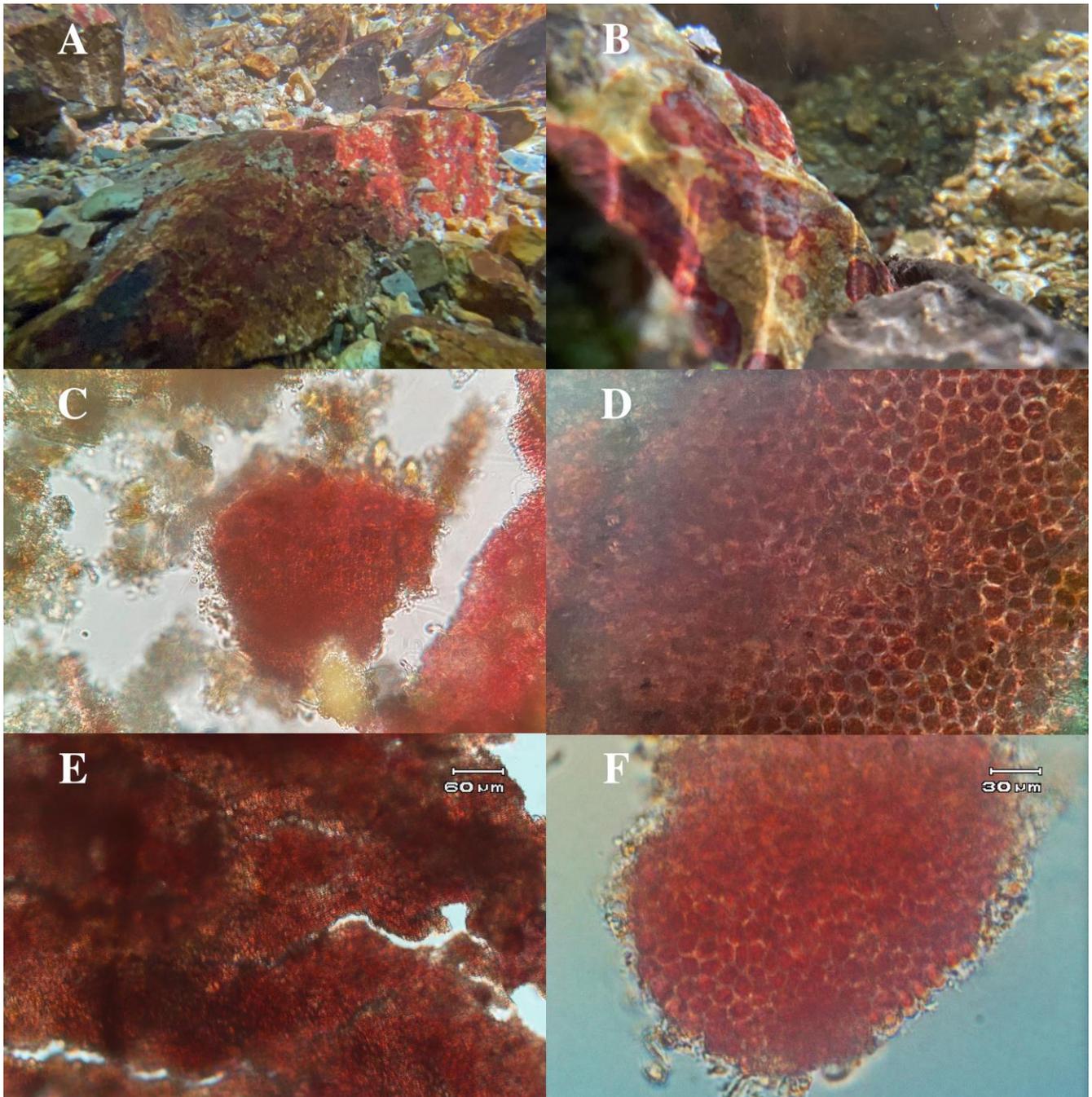


FIGURA 58. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Hildenbrandia*.

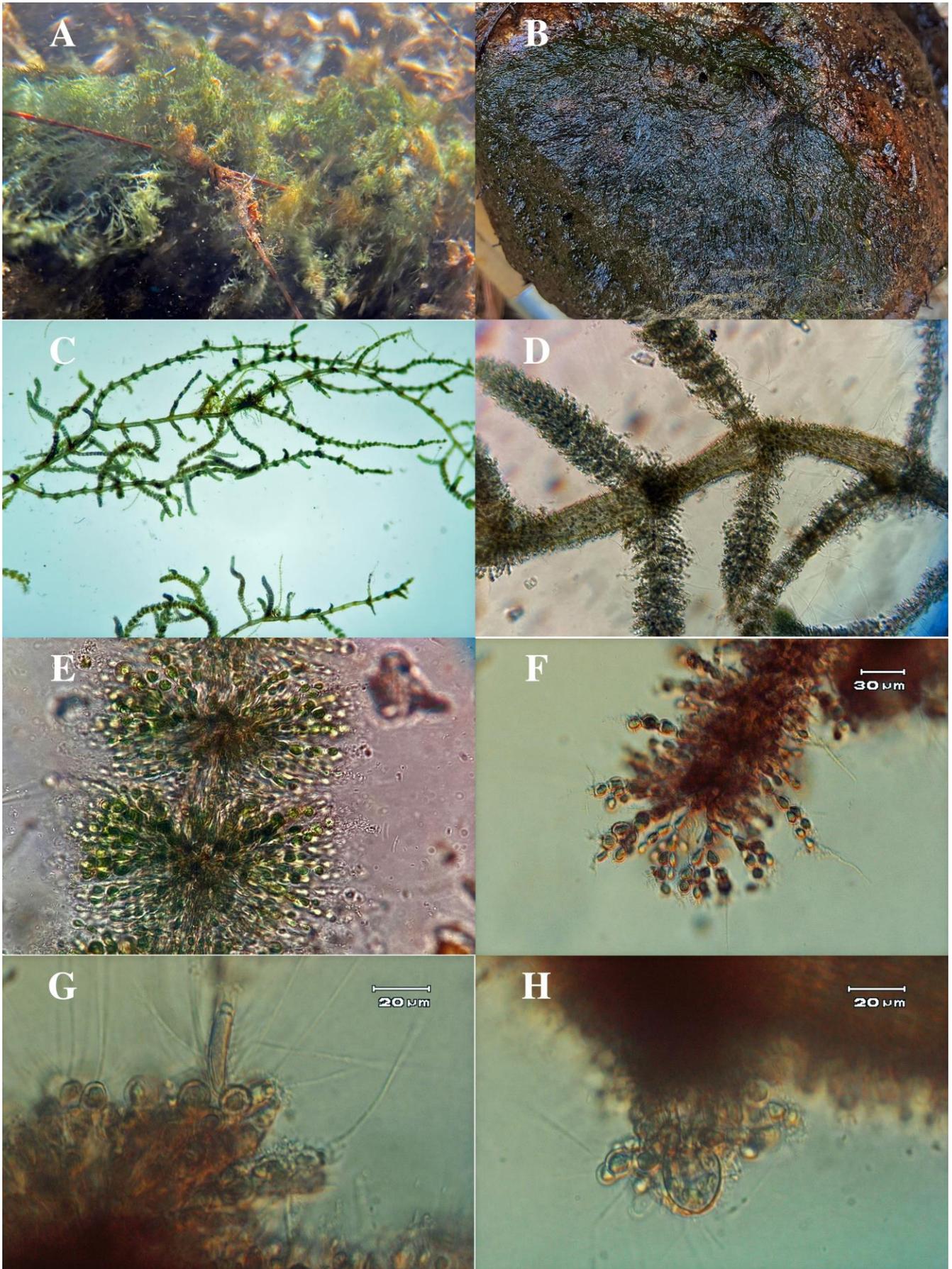


FIGURA 59. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Batrachospermum*.

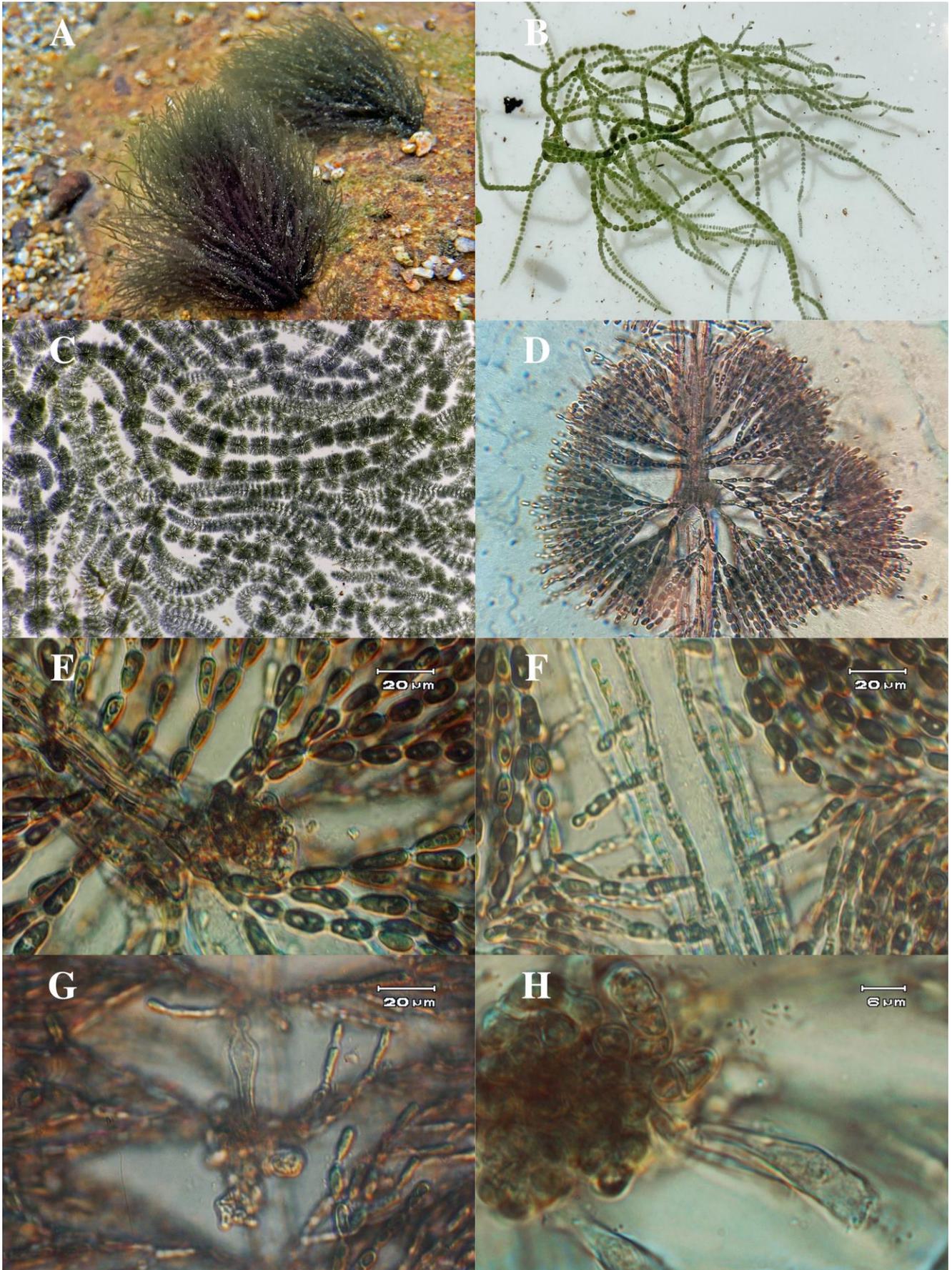


FIGURA 60. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Kumanoa*.



FIGURA 61. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Paralemanea*.

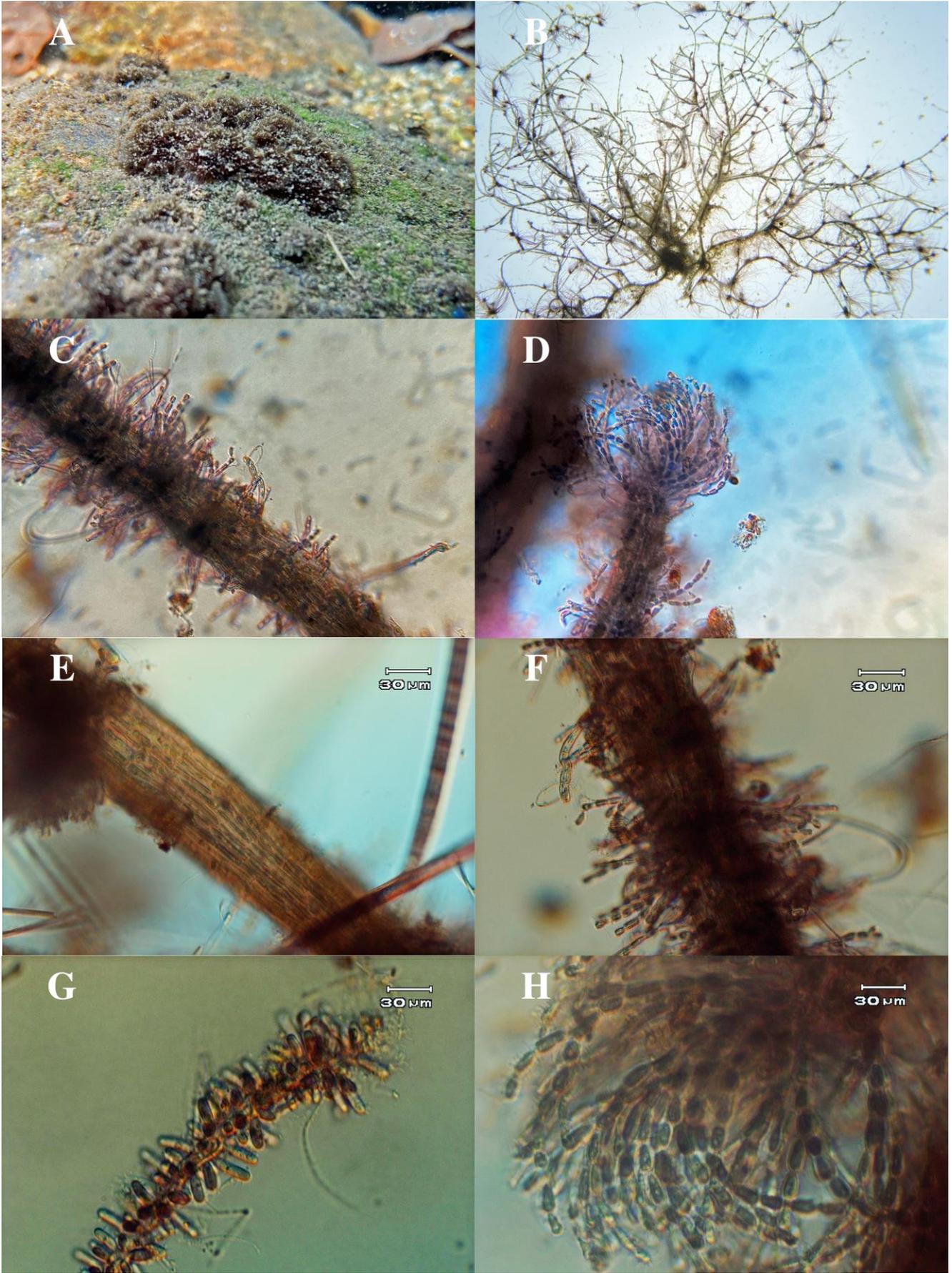


FIGURA 62. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de Chantransia.

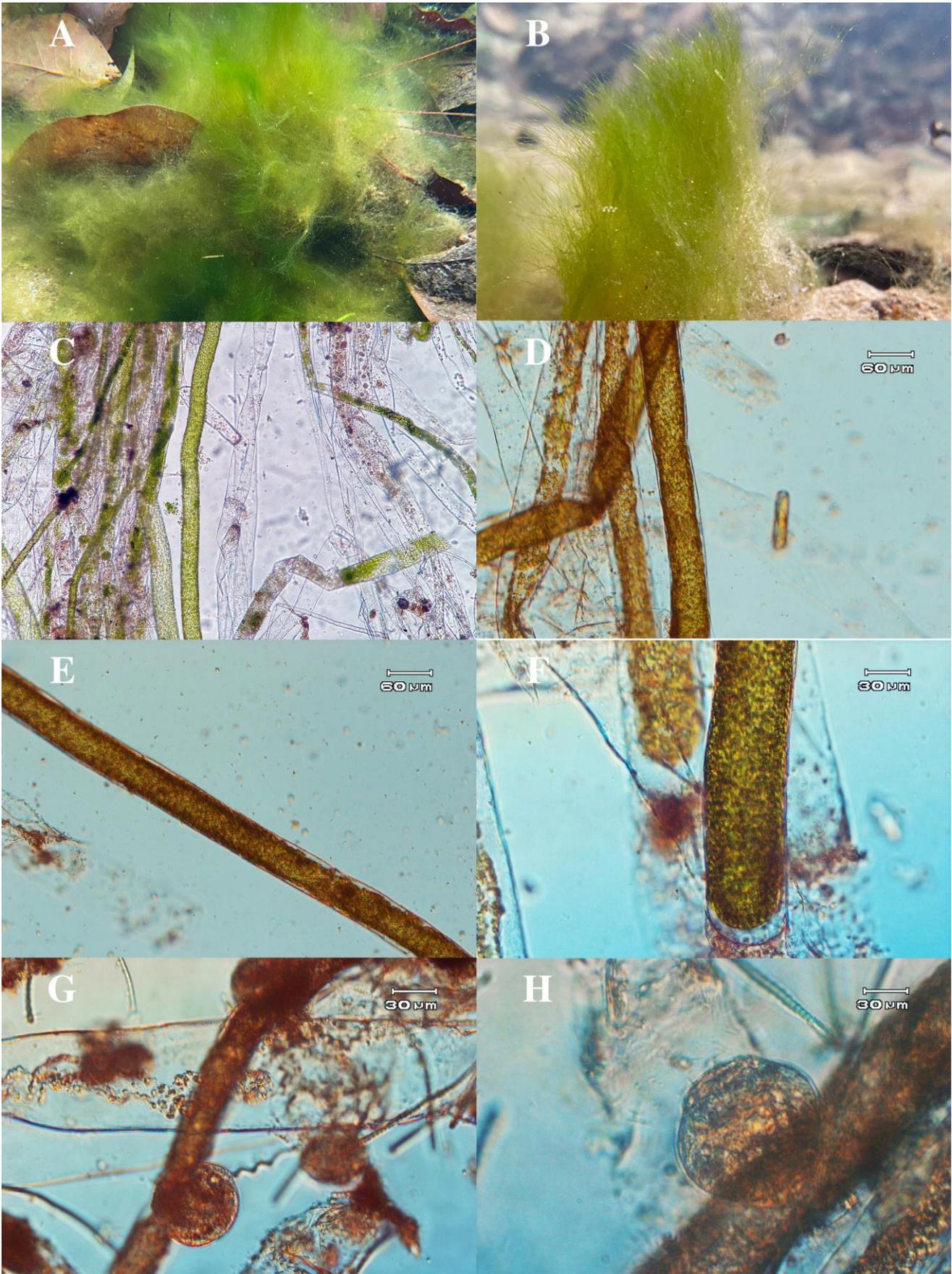


FIGURA 63. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Vaucheria*.

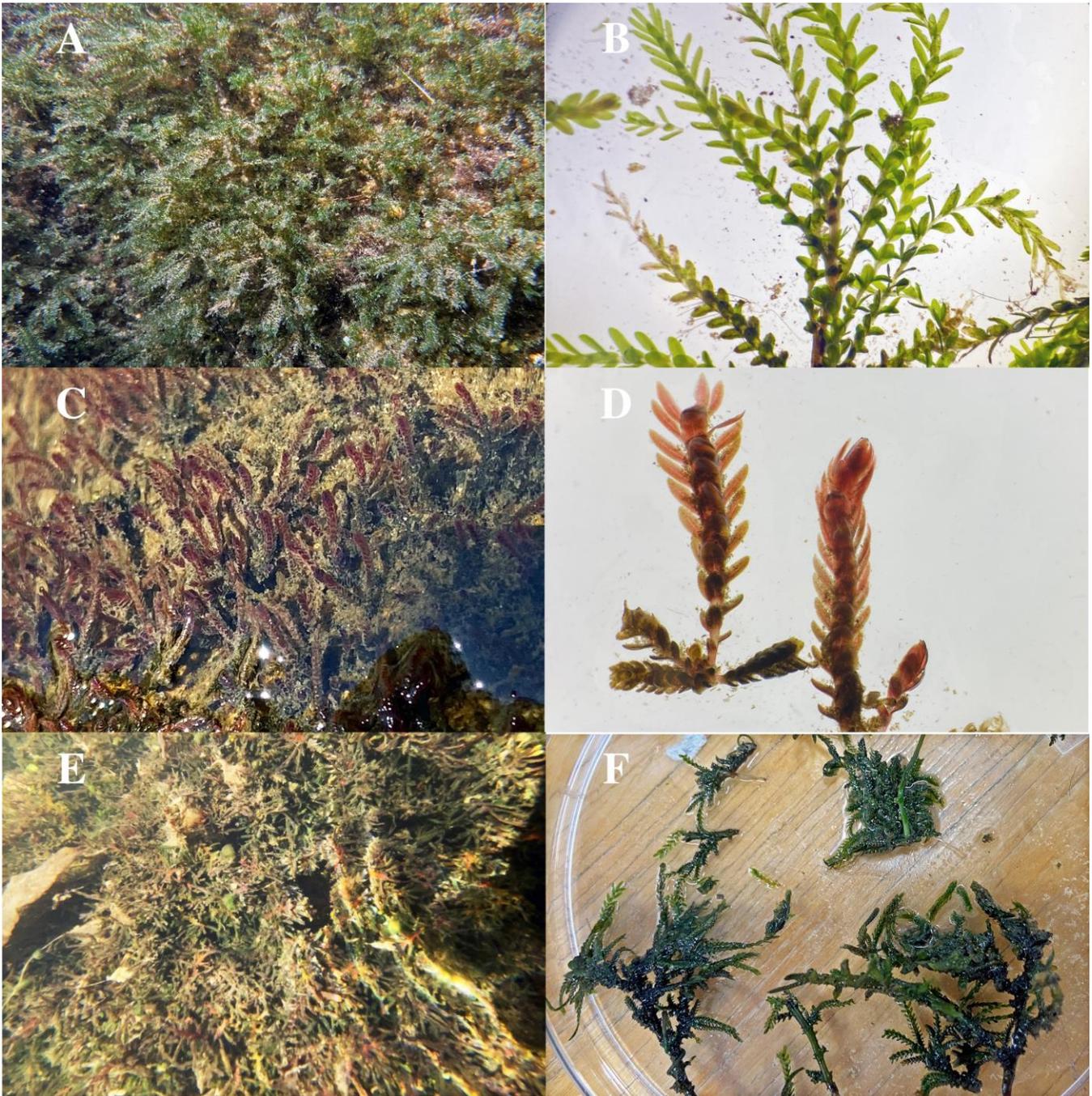


FIGURA 64. Crecimientos macroscópicos y detalles de Bryophyta 1 (A-B), Bryophyta 2 (C-D) y Bryophyta 3 (E-F).



FIGURA 65. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Marathrum*.

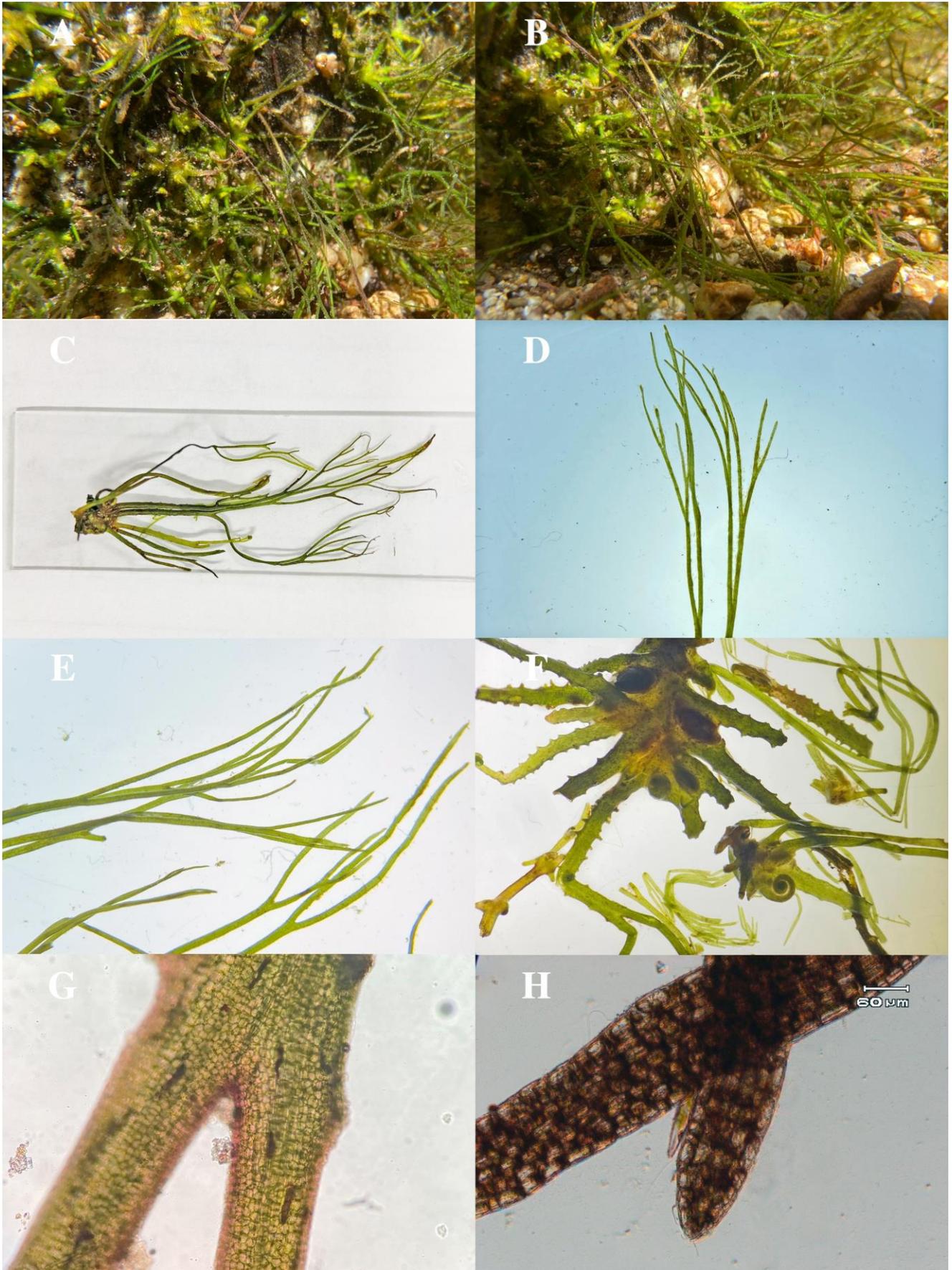


FIGURA 66. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de Pteridophyta.

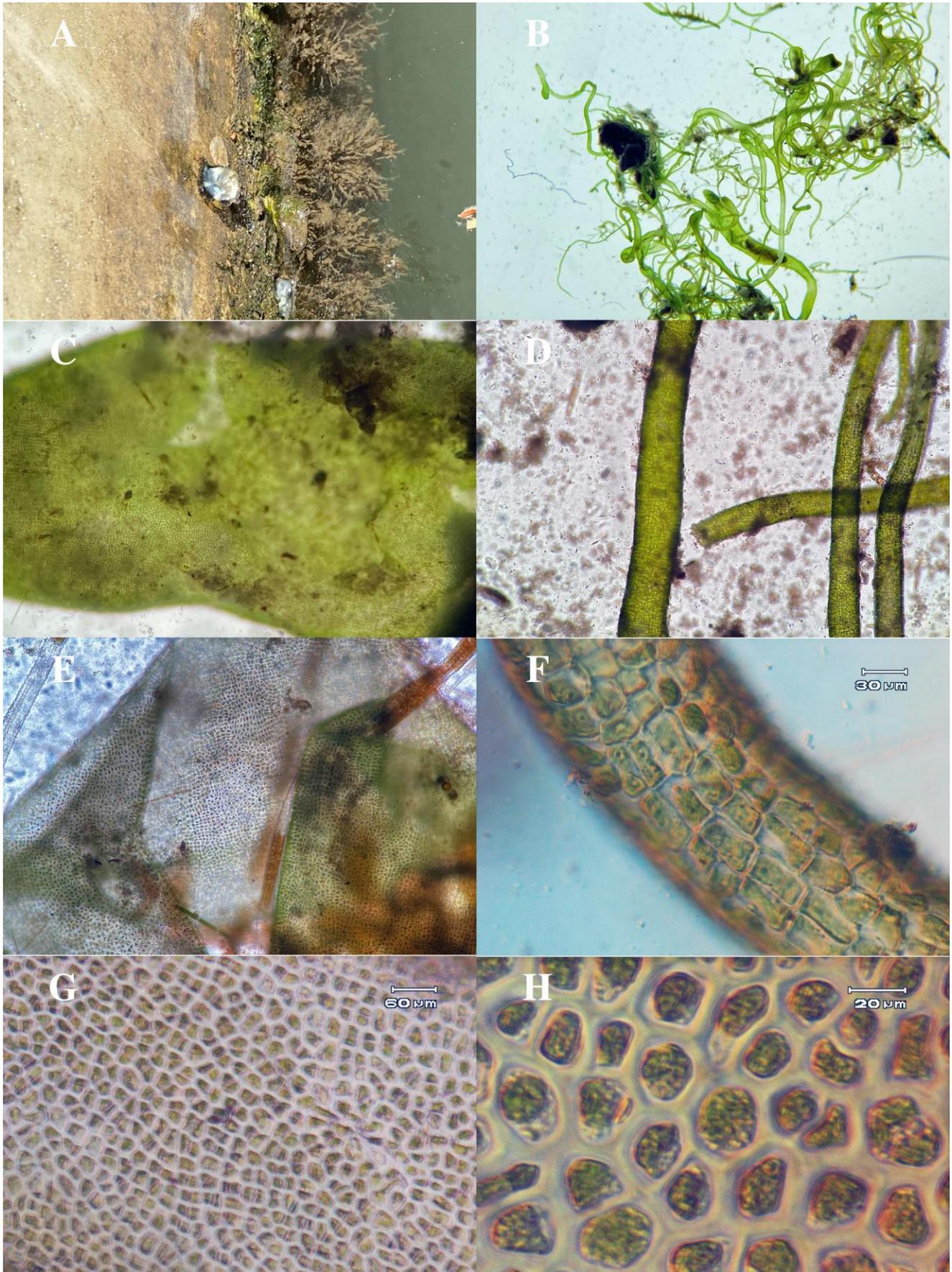


FIGURA 67. Crecimientos macroscópicos y detalles microscópicos de *Ulva intestinalis* presente en el estero El Salado.

4.5.1 Macrófitas en la cuenca Ameca-Mascota

Dentro de la cuenca Ameca-Mascota se tomaron 15 sitios para colecta de macrofitas, sin embargo, los sitios AM1-AM3 (Bosque de Maple) no registraron crecimientos de macrófitas.

Se obtuvieron 20 *taxa* de 12 sitios de muestreo, siendo el filo Cyanobacteria el más diverso, seguido del filo Rhodophyta y Chlorophyta. La distribución y abundancia de estos filos corresponde a lo reportado en literatura de algas en sistemas lóticos. Los sitios AM11, AM12 y AM15 presentaron la mayor riqueza de *taxa* (Fig. 68). Mientras que AM5, AM7, AM9 y AM10 presentaron únicamente un *taxa* que los categoriza con la menor riqueza.

Los valores de equitatividad oscilaron entre 0 y 0.83, los valores de cero están relacionados con los sitios que presentaron únicamente 1 *taxa*, lo que indica dominancia de un solo organismos. Por otra parte, el valor más alto estuvo registrado en AM6 al tener una mayor homogeneidad en las abundancias de las macrofitas colectadas (Fig. 68).

Los valores de diversidad se encontraron entre 0 y 1.25, como en el caso anterior siendo los valores de cero en sitios con un solo *taxa* mientras que, el valor más alto lo presentó AM12 con una mayor riqueza y alta equitatividad (Fig. 68).

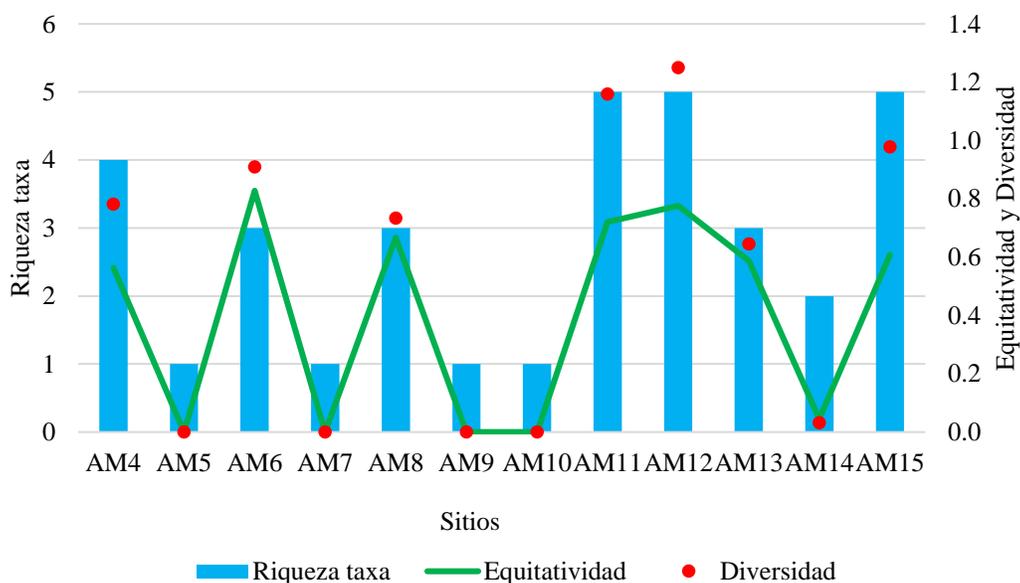


FIGURA 68. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

Como se muestra en la Tabla 14, se pueden contemplar a los sitios AM4, AM8, AM9 y AM10 como los lugares más conservados y poco contaminados. El caso de AM4 estuvo representado mayormente por *Vaucheria*, un alga parda que puede encontrarse en sitios templado, con baja velocidad de corriente y aguas oligotróficas (Fernandez-Aláez et al., 2012). El sitio AM8 presentó algas rojas como *Paralemanea* y *Batrachospermum* las cuales han sido identificadas como géneros de sitios oligotróficos y sombreados por una cobertura de vegetación de ribera conservada (Fernandez-Aláez et al., 2012). Con respecto a AM9 Y AM10 se registró la presencia de *Hildenbrandia*, un alga roja característica de sistemas con poca concentración de nutrientes y poca penetración de luz (Carmona-Jiménez, 2012).

Por otro lado, se identificaron sitios medianamente perturbados de acuerdo con las macrófitas presentes en cada uno. Los sitios AM5 y AM7 presentaron total abundancia de *Spirogyra* y *Ulothrix* que son algas filamentosas no ramificadas y tienen la capacidad de adherirse a distintos tipos de sustrato. Se encuentran principalmente en sistemas someros y con agua estancada, estas condiciones coinciden con lo observado en campo en ambos sitios. Igualmente, se ha reportado que tienen una amplia tolerancia ante condiciones de eutrofización (Zulkifly et al., 2013) lo que puede estar confirmado por las concentraciones de amonio registradas en los sitios. En AM6 y AM12 se presentaron crecimientos abundantes de *Cladophora* la cual puede tolerar variaciones en las concentraciones de nitrógeno y fósforo (Rodríguez-Flores y Carmona-Jiménez, 2018). El sitio AM11 estuvo dominado por un solo *taxa* de briofitas (musgos), esta baja riqueza puede estar relacionada a la modificación o pérdida del bosque de ribera (Vásquez et al., 2019) que fue confirmada con el índice QBR.

Por último, se puede destacar un grupo de sitios con una calidad de agua baja correspondientes a la parte de Huichichila: AM13, AM14 y AM15. Estos sitios estuvieron dominados por amplias coberturas de *Cladophora* y *Spirogyra*. También se registró la presencia de cianobacterias como *Oscillatoria* 3 y 4, así como de *Lyngbya* 2. Estos géneros han sido reportados en sitios altamente perturbados con altas concentraciones de nitrógeno (Rodríguez-Flores y Carmona-Jiménez, 2

TABLA 14. Distribución y abundancia relativa de las macrofitas acuáticas en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

Taxa	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Anabaena</i>	1.5								0.1			
<i>Nostochopsis</i>											0.5	
<i>Nostoc</i>												6.5
<i>Lyngbya 2</i>								3.3				
<i>Lynbya 3</i>												
<i>Oscillatoria 1</i>	23											
<i>Oscillatoria 3</i>												0.7
<i>Oscillatoria 4</i>												5.1
<i>Phormidium 1</i>	4.4		11.3		1.8			8.8		0.3		
<i>Spirogyra</i>		100	28.4						8.4			22.7
<i>Oedogonium</i>								26.9				
<i>Cladophora</i>			60.3					5.2	37.9	67.7	99.5	65.1
<i>Ulothrix</i>				100								
<i>Hildenbrandia</i>						100	100					
<i>Batrachospermum</i>					62.5							
<i>Kumanoa</i>									36.8			
<i>Paralemanea</i>					35.7							

<i>Taxa</i>	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Vaucheria</i>	71.1											
Bryophyta 3								55.8				
Pteridophyta									16.8	32		

4.5.2 Macrófitas acuáticas en la cuenca Pitillal

Se colectaron macrófitas en 5 sitios de la cuenca Pitillal, ya que Pi6 se encontraba totalmente seco. Se identificaron 8 *taxa* pertenecientes al filo Cyanobacteria, Charophyta, Chlorophyta y Bryophyta. La mayor riqueza de *taxa* se registró en Pi4 y P5 (Fig. 69), mientras que los valores más bajos se obtuvieron en Pi2 y Pi3.

Por otro lado, los valores de equitatividad arrojaron sitios con muy equitatividad como Pi2 ya que uno de los *taxa* dominaba la abundancia del sitio, contrario a lo anterior, Pi1 obtuvo un cálculo de 0.96 lo cual indica poca variación entre las abundancias de sus macrófitas (Fig. 69). Relacionado a lo anterior, el valor más bajo de diversidad lo obtuvo Pi2 mientras que la diversidad más alta estuvo presente en Pi1 (Fig. 69). En este caso, la diversidad estuvo estrechamente relacionada con los valores de equitatividad.

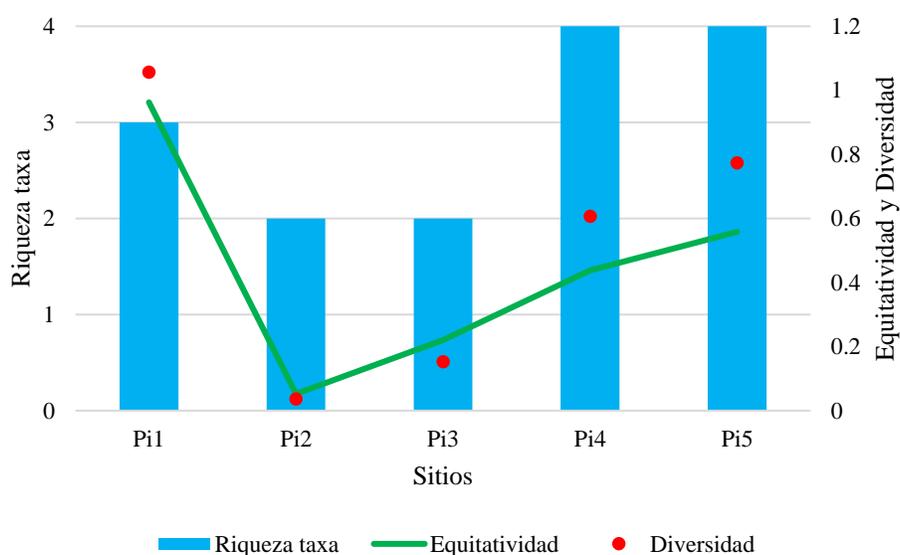


FIGURA 69. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Pitillal, Jalisco

La presencia de cianobacterias en los sitios Pi1 y Pi5 como *Nostoc* y *Rivularia* (Tabla 15) están asociadas a condiciones de poca contaminación o poca perturbación (Douterelo et al., 2004) sin embargo, crecimientos excesivos de cianobacterias pueden ser en cierto punto perjudiciales para la vida acuática ya que se ha reportado que pueden contener genes para la producción de cianotoxinas que afectan todo tipo de fauna que se encuentre expuesta de manera crónica a estas condiciones

(Codd et al., 2005). Los sitios Pi2 y Pi4 estuvieron dominados por crecimientos de *Ulothrix* la cual puede ser tolerante a concentraciones de fósforo, pero desaparecen cuando el nitrógeno es el nutriente predominante (Rodríguez-Flores y Carmona-Jiménez, 2018), lo anterior concuerda con las concentraciones de nutrientes registradas ya que el fósforo fue el nutriente dominante en estos sitios. Debido a lo anterior, se infiere que estos sitios presentaron condiciones de poca contaminación.

De acuerdo con las macrófitas colectadas en Pi3, se identificó la presencia de briofitas y una abundancia mínima de *Ulothrix*. Este sitio tuvo mayores concentraciones de nutrientes (principalmente de nitrógeno) con respecto a los demás sitios ya que era un lugar impactado con ganadería y entradas constantes de materia orgánica.

TABLA 15. Distribución y abundancia relativa de las macrófitas acuáticas en la cuenca Pitillal, Jalisco.

Taxa	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Nostoc</i>		0.6			8.6
<i>Rivularia</i>	21.5				72.3
<i>Phormidium 2</i>					0.2
<i>Nitella</i>				7.8	
<i>Zygnema</i>				0.3	
<i>Rhizoclonium</i>					18.9
<i>Ulothrix</i>	33.8	99.4	3.5	82.1	
Bryophyta 3	44.6		96.5	9.8	

4.5.2.1 Macrófitas acuáticas en el estero El Salado

Debido a la conexión permanente de El Salado con el océano dan lugar a condiciones físicas y químicas totalmente diferentes a los demás sitios de interés, ya que se registraron valores de conductividad, sólidos disueltos totales y salinidad característicos de sistemas marinos.

Lo anterior puede estar influenciando la presencia de una sola especie de macroalga *Ulva intestinalis*, cuyos valores de equitatividad y diversidad corresponden a cero. *Ulva intestinalis* es un alga filamentosa no ramificada que se encuentra dentro del filo Chlorophyta. Se encuentra adherida permanentemente a cualquier tipo de sustrato sólido y tiene preferencia por sitios con poca turbidez.

Con respecto a la calidad de agua, *Ulva intestinalis* es poco tolerante a la contaminación química dada por herbicidas (que pueden ser arrastrados desde cuenca alta), agentes contra la incrustación (que pueden ser vertidos directamente al estero y que impiden que otros organismos se adhieran a barcos o lanchas). Por otro lado, las altas concentraciones de nitrógeno potencializan el crecimiento de *Ulva intestinalis*, por lo que puede ser indicador de eutrofización (Budd, 2008).

4.5.3 Macrófitas acuáticas en la cuenca Cuale

El ensamble de macrófitas estuvo representado en su mayoría por cuatro algas del filo Cyanobacteria, dos algas del filo Charophyta y un género de Chlorophyta. Cu2 y Cu3 registraron la mayor riqueza de géneros (Fig. 70) mientras que Cu4 únicamente presentó un género correspondiente a *Oscillatoria* (Cyanobacteria). La equitatividad presentó valores de en Cu4 dado que se registró solo un género de macrófita, mientras que en Cu2 se registró el máximo valor de equitatividad (0.83) que indica poca dispersión entre las abundancias de los géneros (Fig. 70). La diversidad tuvo la misma tendencia que los valores de equitatividad; el valor mínimo de diversidad se obtuvo en Cu4 (Fig. 70) mientras que el máximo se registró en Cu2.

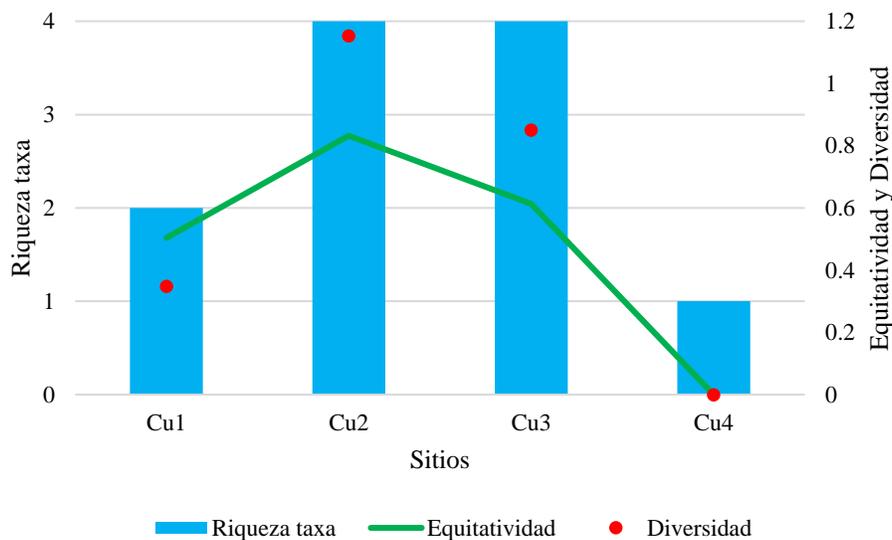


FIGURA 70. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Cuale, Jalisco.

Si bien Cu1 obtuvo 2 géneros de macrófitas (Tabla 16), la mayor abundancia estuvo registrada por *Klebsormidium*, alga dentro del filo Chrophyta que cuyas preferencias han sido reportadas como

afines a sitios con aguas muy oxigenadas, alto porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, poca turbidez y pH mayores a 7 (Necchi et al., 1991). Todas estas características estuvieron presentes en este sitio, lo cual indica que Cu1 se encuentra con buena calidad de agua.

La presencia de géneros con altas abundancias relativas como *Spirogyra*, *Rhizoclonium* y *Phormidium* en los sitios Cu2 y Cu3 (Tabla 16) aportan información sobre microhábitats con poca velocidad de corriente, sistemas amplios donde las cantidades de luz que ingresan son altas y aguas ligeramente contaminadas ya que estos géneros pueden tolerar concentraciones medias de nutrientes (Joska y Bolton, 1995).

Finalmente, se obtuvo un crecimiento de *Oscillatoria* 5 en Cu4, del cual se ha mencionado que son indicadoras de contaminación orgánica y la mayoría de las especies de este género (cuando presentan crecimientos algales masivos) tienden a la producción de cianotoxinas, para Cu4 el crecimiento fue mínimo, sin embargo, se debe prestar atención y monitorear la magnitud de crecimientos de esta índole.

TABLA 16. Distribución y abundancia relativa de las macrófitas acuáticas en la cuenca Cuale, Jalisco.

<i>Taxa</i>	Cu4	Cu3	Cu2	Cu1
<i>Nostochopsis</i>		1.9	6.8	
<i>Tolypothrix</i>				11.1
<i>Oscillatoria</i> 5	100			
<i>Phormidium</i> 2		25.3	16.9	
<i>Klebsormidium</i>				88.9
<i>Spirogyra</i> 1		67.3	22.6	
<i>Rhizoclonium</i>		5.5	53.7	

4.5.4 Macrófitas acuáticas en la cuenca Las Juntas

Se obtuvo una alta riqueza de macrófitas, en su mayoría del filo Cyanobacteria, siendo las partes altas de la cuenca los sitios con la mayor riqueza de *taxa*, donde Ju2 y Ju3 fueron los sitios con los valores más altos (Fig. 71), mientras que Ju5 presentó un único crecimiento de macrófita. La equitatividad más alta la presentó Ju4 con una distribución más homogénea de coberturas, mientras que Ju5 obtuvo una equitatividad de cero al tener únicamente un género dominando en el sitio (Fig.

71). El índice de diversidad mostró el valor más alto en Ju2 y un valor de nula diversidad en Ju5 (Fig. 71).

Con respecto a la calidad del sistema, se puede considerar a Ju1 como un sitio con poca perturbación o contaminación ya que presentó alta abundancia de *Rhizoclonium*, *Marathrum* y *Nitella* (Tabla 17). *Marathrum* es un género de planta acuática cuyas necesidades ambientales están relacionadas a aguas con flujos de corriente altos, ríos caudalosos, someros y con poca turbidez (Reyes-Ortega, 2010). Por otro lado, la presencia de *Nitella* puede estar relacionada con condiciones oligotróficas (Joska y Bolton, 1995).

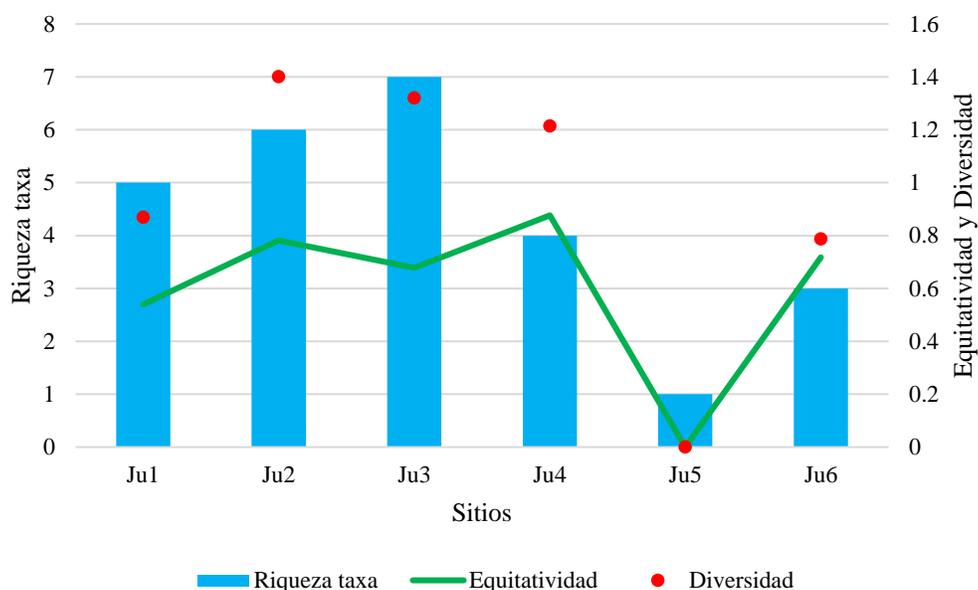


FIGURA 71. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

De acuerdo con las preferencias ambientales de las macrófitas registradas en el resto de los sitios, se identificaron géneros indicadores de contaminación orgánica o tolerantes a concentraciones altas de nutrientes. Un ejemplo de lo anterior fue la presencia y alta abundancia del género *Phormidium*, *Spirogyra* y *Oedogonium* (Tabla 17). Estos tres géneros han sido ampliamente reportados como indicadores de contaminación (Joska y Bolton, 1995). Por lo que estos sitios se pueden considerar como perturbados.

TABLA 17. Distribución y abundancia relativa de las macrófitas acuáticas en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

<i>Taxa</i>	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju5	Ju6
<i>Nostoc</i>	0.4	22.6	0.8			
<i>Rivularia</i>	0.1					
<i>Oscillatoria</i> 2				11.6		
<i>Oscillatoria</i> 3				27.1		
<i>Phormidium</i> 1		2.5	47.7		100.0	
<i>Phormidium</i> 2			0.7			40.0
<i>Nitella</i>	12.6					
<i>Spirogyra</i> 1		8.2	23.8	12.6		2.9
<i>Zygnema</i>		0.8	11.0			
<i>Chaetophora</i>			0.3			
<i>Oedogonium</i>				48.7		
<i>Rhizoclonium</i>	67.9	36.1				
<i>Marathrum</i>	19.0	29.8	15.7			57.1

4.5.5 Macrófitas acuáticas en la cuenca El Tuito

Las macrófitas tuvieron una tendencia a aumentar la riqueza de *taxa* hacia la parte baja de la cuenca donde Tu4 presentó una riqueza de 5 *taxa* y, por el contrario, Tu2 registró la menor riqueza (Fig. 72). En cuanto a los datos de equitatividad, se puede observar que el mayor valor estuvo ubicado en Tu3 donde las abundancias de sus 3 *taxa* tuvieron una distribución más similar que lo observado en Tu1 donde se puede apreciar que hay un *taxa* que se encuentra dominando el sitio (Fig. 72).

Los sitios Tu4 y Tu1 presentaron la mejor calidad de agua con respecto a los otros sitios de muestreo, ya que el género *Zygnema* fue el *taxa* dominante en Tu4, un musgo, así como con un alga roja en Tu1. El género *Zygnema* y las algas rojas han sido asociado a concentraciones bajas de nutrientes (El-Sheekh, 2017), buena cobertura y conservación del bosque de ribera. Todas estas condiciones estuvieron confirmadas por los análisis de química de agua que reflejaron bajas concentraciones de nutrientes, una buena calidad hidromorfológica y una conservación óptima del bosque de ribera.

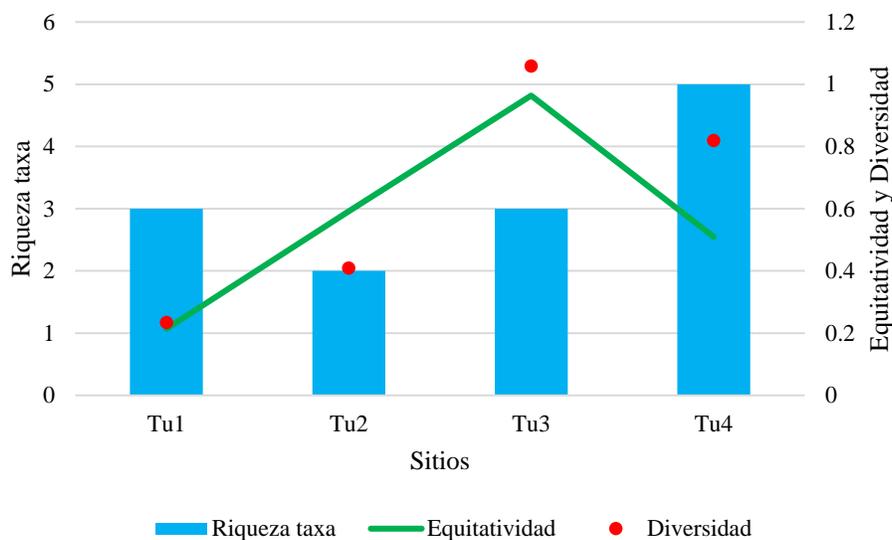


FIGURA 72. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca El Tuito, Jalisco.

Con respecto a condiciones de calidad media-baja se puede mencionar la dominancia de géneros como *Oscillatoria* y *Phormidium* en Tu2 y Tu3, cuyas preferencias ambientales se inclinan hacia sitios con contaminación orgánica evidente, así como una calidad hidromorfológica impactada confirmada con el protocolo aplicado (Tabla 18).

TABLA 18. Distribución y abundancia relativa de las macrófitas acuáticas en la cuenca El Tuito, Jalisco.

Taxa	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
<i>Nostochopsis</i>				0.3
<i>Nostoc</i>				1.6
<i>Lyngbya</i> 1	1.6			
<i>Oscillatoria</i> 3		85.7		
<i>Phormidium</i> 1			43.2	2.6
<i>Nitella</i>			35.6	
<i>Spirogyra</i> 1		14.3	21.1	
<i>Zygnema</i>				64.6
<i>Chantransia</i>	3.6			
<i>Bryophyta</i> 1	94.8			
<i>Bryophyta</i> 2				31.0

4.6 Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos (MIBs) desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los sistemas lóticos ya que son indicadores de la calidad de agua y participan en la transformación y aprovechamiento de la materia orgánica, así como en el reciclado de nutrientes. La recopilación de información acerca de este grupo biológico se realizó en 35 sitios en 5 cuencas que desembocan hacia la zona de Bahía de Banderas, Jalisco. Se colectaron e identificaron un total de 3,694 organismos.

A partir de lo anterior, se obtuvieron 100 *taxa* (se maneja este término debido a que la identificación se maneja a diferentes niveles taxonómicos, aunque en su mayoría se manejan niveles genéricos) totales para las 5 cuencas de interés pertenecientes a 4 filos: Arthropoda, Annelida, Mollusca y Platyhelminthes. El filo Arthropoda fue el más abundante y diverso albergando 93 *taxa*, seguido de los filos Mollusca y Annelida; ambos con 3 *taxa* y por último el filo Platyhelminthes únicamente con 1 *taxa* (Fig. 73).

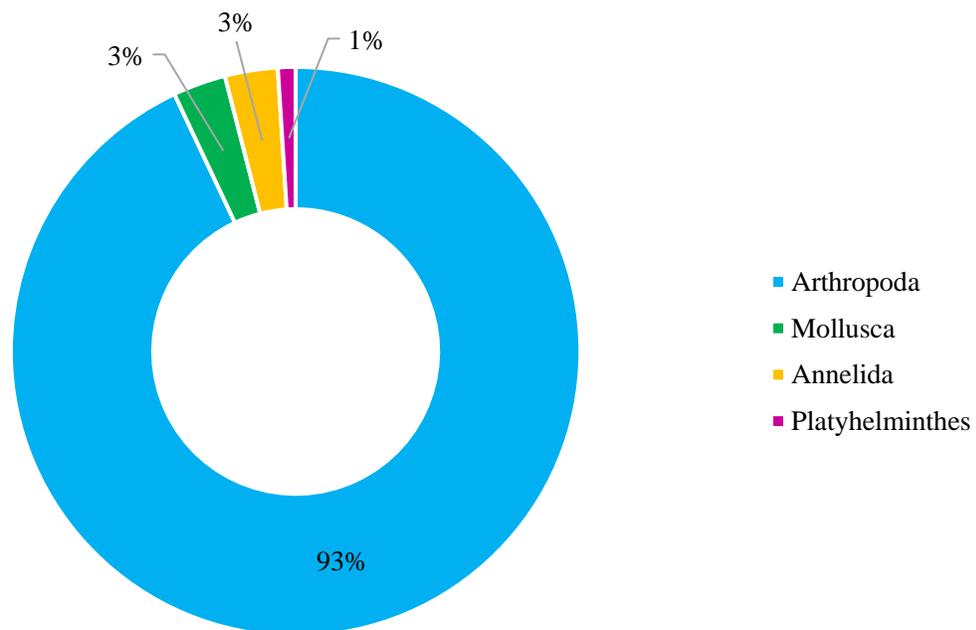


FIGURA 73. Distribución de la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos por filo en las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

La cuenca Ameca-Mascota fue la más abundante y diversa con un total de 52 familias y 73 *taxa*. Contrario a lo anterior, Tuito fue la cuenca con menor diversidad y abundancia ya que solo se identificaron 40 familias y 31 *taxa* en total.

En la Tabla 19 se presenta el listado taxonómico completo de *taxa*, el valor asignado para cada familia de acuerdo con el índice BMWP/Col que fue aplicado como una aproximación a la calidad de agua en cada sitio, así como un catálogo fotográfico de los organismos recolectados durante la campaña de muestreo.

TABLA 19. Diversidad, clasificación taxonómica y valor de tolerancia de acuerdo con el BMWP/Col de los macroinvertebrados bentónicos de las cinco cuencas que abastecen a Puerto Vallarte, Jalisco.

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura	BMWP/Col	
Annelida	Clitellata	Arhynchobdellida	Hirudinidae	NI	Hirudinidae	74 A	NA	
Arthropoda	Arachnida	Acari [Subclase]	NI	NI	Acari	74 B	NA	
						Hexapoda	Coleoptera	Dytiscidae
	NI	Dytiscidae 2	74 D					
	NI	Dytiscidae 3	74 E					
	Elmidae	NI	Elmidae 1	74 F	6			
		NI	Elmidae 2	75 A				
		NI	Elmidae 3	75 B				
	Gyrinidae	Dineutus	<i>Dineutus</i>	75 C	9			
	Hydrophilidae	NI	Hydrophilidae	75 D	3			
	Psephenidae	Psephenus	<i>Psephenus</i>	75 E	10			
	Staphylinidae	NI	Staphylinidae	75 F	6			
	Collembola	NI	NI	NI	Collembola	76 A	NA	
	Diptera	NI	NI	Athericidae	NI	Athericidae	76 B	NA
				Blephariceridae	NI	Blephariceridae	76 C	NA
				Ceratopogonidae	NI	Ceratopogonidae	76 D	3
				Chironomidae	NI	Chironomidae	76 E	2
Culicidae				NI	Culicidae	76 F	2	
Dixidae				NI	Dixidae	77 A	7	

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura	BMWP/Col
			Dolichopodidae	NI	Dolichopodidae	77 B	4
			Empididae	NI	Empididae	77 C	NA
			Psychodidae	NI	Psychodidae	77 D	7
			Simuliidae	NI	Simuliidae	77 E	8
			Stratiomyidae	NI	Stratiomyidae	77 F	4
			Syrphidae	NI	Syrphidae	78 A	NA
			Tabanidae	NI	Tabanidae	78 B	5
			Tipulidae	NI	Tipulidae	78 C	3
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	<i>Baetodes</i>	78 D	7
				Camelobaetidius	<i>Camelobaetidius</i>	78 E	
				Centroptilum	<i>Centroptilum</i>	78 F	
				Cloeon	<i>Cloeon</i>	79 A	
			Caenidae	Caenis	<i>Caenis</i>	79 B	7
			Heptageniidae	Epeorus	<i>Epeorus</i>	79 C	NA
			Leptohyphidae	Asioplax	<i>Asioplax</i>	79 D	7
				Leptohyphes	<i>Leptohyphes</i>	79 E	
				Tricorythodes	<i>Tricorythodes</i>	79 F	
				Vacupernius	<i>Vacupernius</i>	80 A	
			Leptophlebiidae	Terpides	<i>Terpides</i>	80 B	9
				Thraulodes	<i>Thraulodes</i>	80 C	
		Hemiptera	Belostomatidae	NI	Belostomatidae	80 D	5

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura	BMWP/Col
			Corixidae	Neocorixa	<i>Neocorixa</i>	80 E	7
			Gelastocoridae	Gelastocoris	<i>Gelastocoris</i>	80 F	5
			Gerridae	Gerris	<i>Gerris</i>	81 A	8
				Limnoporos	<i>Limnoporos</i>	81 B	
				Metrobates	<i>Metrobates</i>	81 C	
				Trepobates	<i>Trepobates</i>	81 D	
			Hebridae	Hebrus	<i>Hebrus</i>	81 E	8
				Merragata	<i>Merragata</i>	81 F	
			Mesoveliidae	Mesovelia	<i>Mesovelia</i>	82 A	5
			Naucoridae	Ambrysus	<i>Ambrysus</i>	82 B	7
				Cryphocricos	<i>Cryphocricos</i>	82 C	
				Limnocoris	<i>Limnocoris</i>	82 D	
			Nepidae	NI	Nepidae	82 E	5
			Notonectidae	NI	Notonectidae	82 F	7
			Veliidae	Microvelia	<i>Microvelia</i>	83 A	8
				Rhagovelia	<i>Rhagovelia</i>	83 B	
		Lepidoptera	Crambidae	Petrophila	<i>Petrophila</i>	83 C	NA
		Megaloptera	Corydalidae	Corydalus	<i>Corydalus</i>	83 D	6
		Odonata	Calopterygidae	Hetaerina	<i>Hetaerina</i>	83 E	7
			Coenagrionidae	Argia	<i>Argia</i>	83 F	7
			Gomphidae	Ophiogomphus	<i>Ophiogomphus</i>	84 A	10

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura	BMWP/Col
				Progomphus	<i>Progomphus</i>	84 B	
			Lestidae	Archilestes	<i>Archilestes</i>	84 C	8
			Libellulidae	Libellula	<i>Libellula</i>	84 D	6
				Paltothemis	<i>Paltothemis</i>	84 E	
				Perithemis	<i>Perithemis</i>	84 F	
				Pseudoleon	<i>Pseudoleon</i>	85 A	
				Tramea	<i>Tramea</i>	85 B	
			Platysticidae	Palaemnema	<i>Palaemnema</i>	85 C	NA
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	<i>Anacroneuria</i>	85 D	10
				Hansonoperla	<i>Hansonoperla</i>	85 E	
		Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus	<i>Phylloicus</i>	85 F	10
			Ecnomidae	Austrotinodes	<i>Austrotinodes</i>	86 A	NA
			Glossosomatidae	Culoptila	<i>Culoptila</i>	86 B	7
				Glossosoma	<i>Glossosoma</i>	86 C	
			Helicopsychidae	Helicopsyche	<i>Helicopsyche</i>	86 D	8
			Hydrobiosidae	Atopsyche	<i>Atopsyche</i>	86 E	9
			Hydropsychidae	Diplectrona	<i>Diplectrona</i>	86 F	7
				Hydropsyche	<i>Hydropsyche</i>	87 A	
				Leptonema	<i>Leptonema</i>	87 B	
				Smicridea	<i>Smicridea</i>	87 C	
			Hydroptilidae	Leucotrichia	<i>Leucotrichia</i>	87 D	3

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Taxa	Figura	BMWP/Col
				Ochrotrichia	<i>Ochrotrichia</i>	87 E	
				Zumatrichia	<i>Zumatrichia</i>	87 F	
			Leptoceridae	Nectopsyche	<i>Nectopsyche</i>	88 A	8
				Oecetis	<i>Oecetis</i>	88 B	
			Philopotamidae	Chimarra	<i>Chimarra</i>	88 C	9
				Wormaldia	<i>Wormaldia</i>	88 D	
			Polycentropodidae	Cernotia	<i>Cernotia</i>	88 E	9
				Polycentropus	<i>Polycentropus</i>	88 F	
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium	<i>Macrobrachium</i>	89 A	8
Mollusca	Gastropoda	Cycloneritida	Neritidae	NI	Neritidae	89 B	NA
		Hygrophila	Physidae	NI	Physidae	89 C	3
		Caenogastropoda	Thiaridae	Melanoides	<i>Melanoides</i>	89 D	NA
Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	Dugesiiidae	NI	Dugesiiidae	89 E	NA
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Penaeidae	Litopenaeus	<i>Litopenaeus</i>	90 A	NA
	Tecostraca	Cirripedia [Subclase]	NI	NI	Cirripedia	90 B	NA
	Hexapoda	Hemiptera	Gerridae	Halobates	<i>Halobates</i>	90 C	8
Annelidae	Polychaeta	Terebellidae	Terebellidae	NI	Terebellidae	90 D	NA
	Polychaeta	NI	NI	NI	Polychaeta	90 E	NA

NI = No Identificado a ese nivel taxonómico, NA = No aplica (el BMWP/Col no considera valor de tolerancia para esa familia).

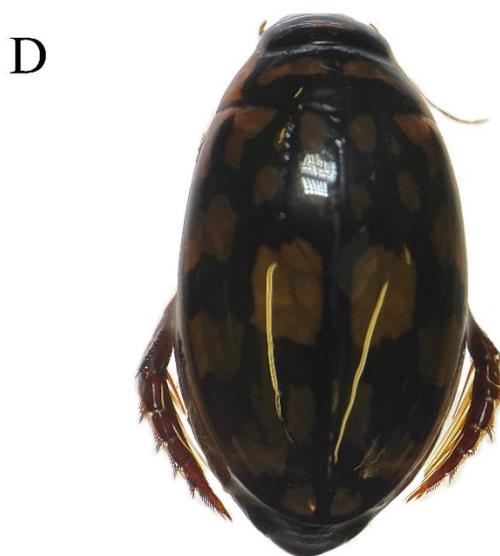
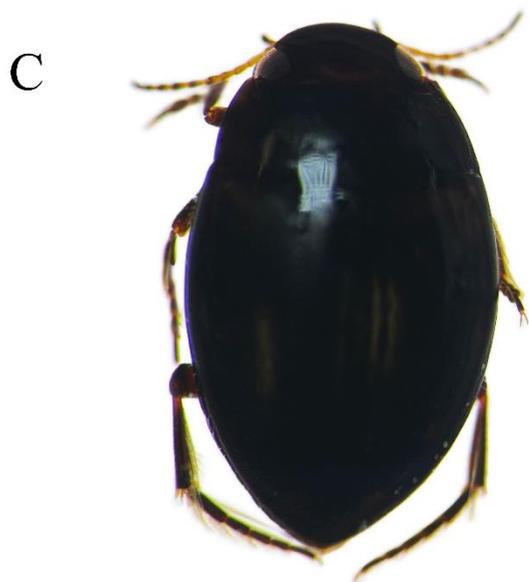


FIGURA 74. A) Hirudinidae, B) Acari, C) Dytiscidae 1, D) Dytiscidae 2, E) Dytiscidae 3, F) Elmidae.

A



B



C



D



E



F



FIGURA 75. A) Elmidae, B) Elmidae, C) *Dineutus* sp. D) Hydrophilidae, E) *Psephenus* sp., F) Staphylinidae.

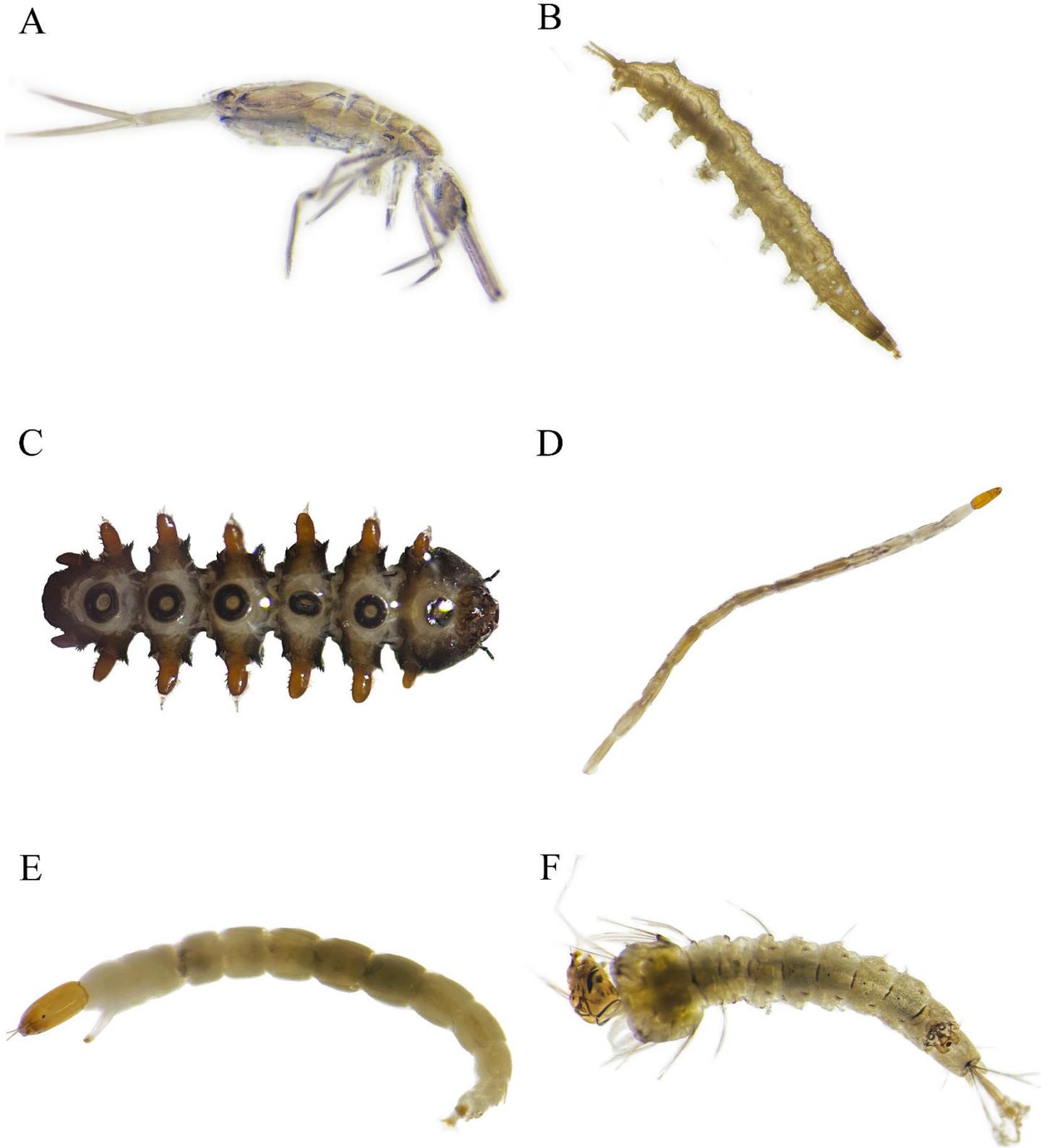


FIGURA 76. A). Collembola, B) Athericidae, C) Blephariceridae, D) Ceratopogonidae, E) Chironomidae, F) Culicidae.



FIGURA 77. A) Dixidae. B) Dolichopodidae, C) Empididae, D) Psychodidae, E) Simuliidae, F) Stratiomyidae.

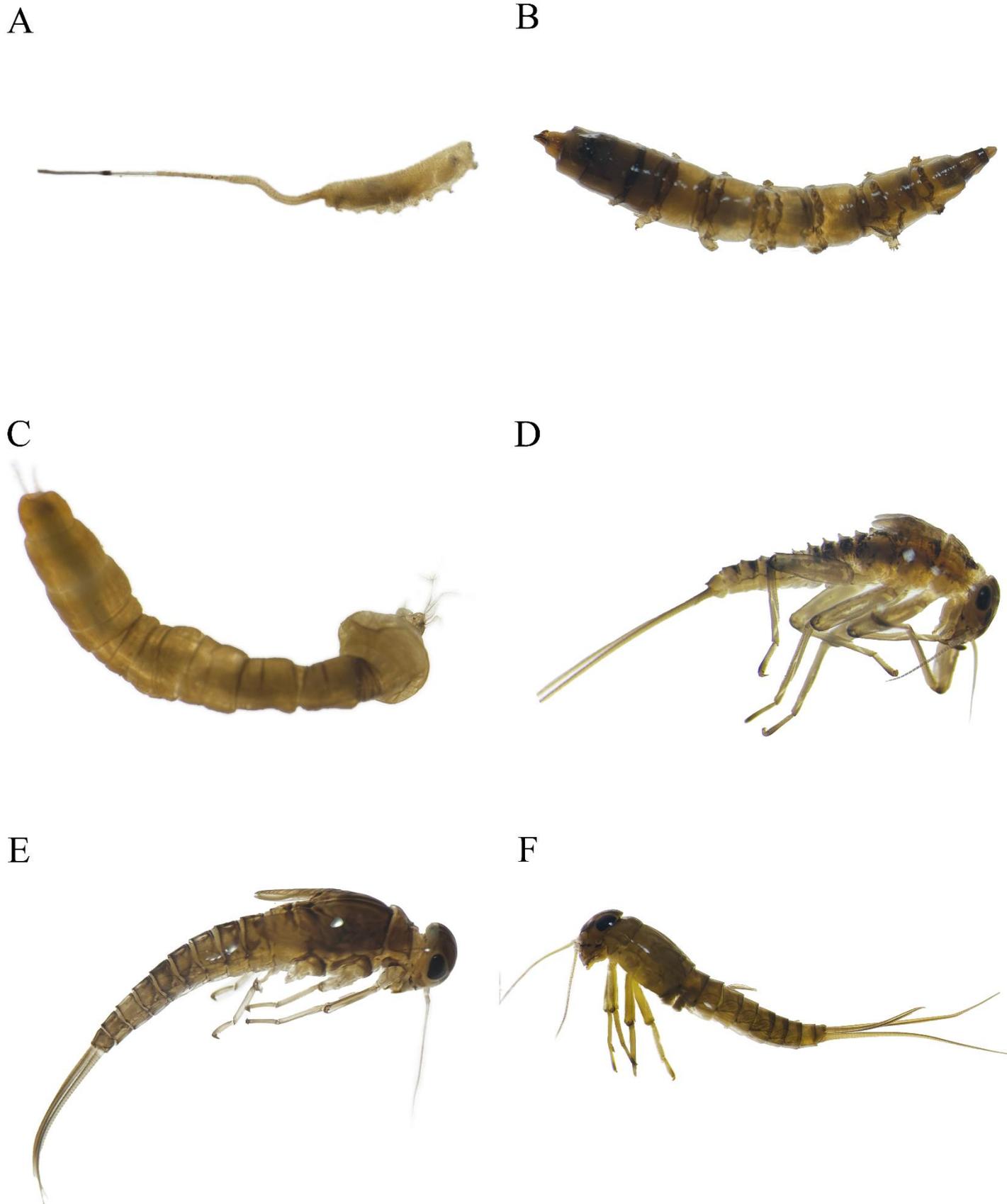


FIGURA 78. A) Syrphidae, B) Tabanidae, C) Tipulidae, D) *Baetodes* sp., E) *Camelobaetidius* sp., F) *Centroptilum* sp.

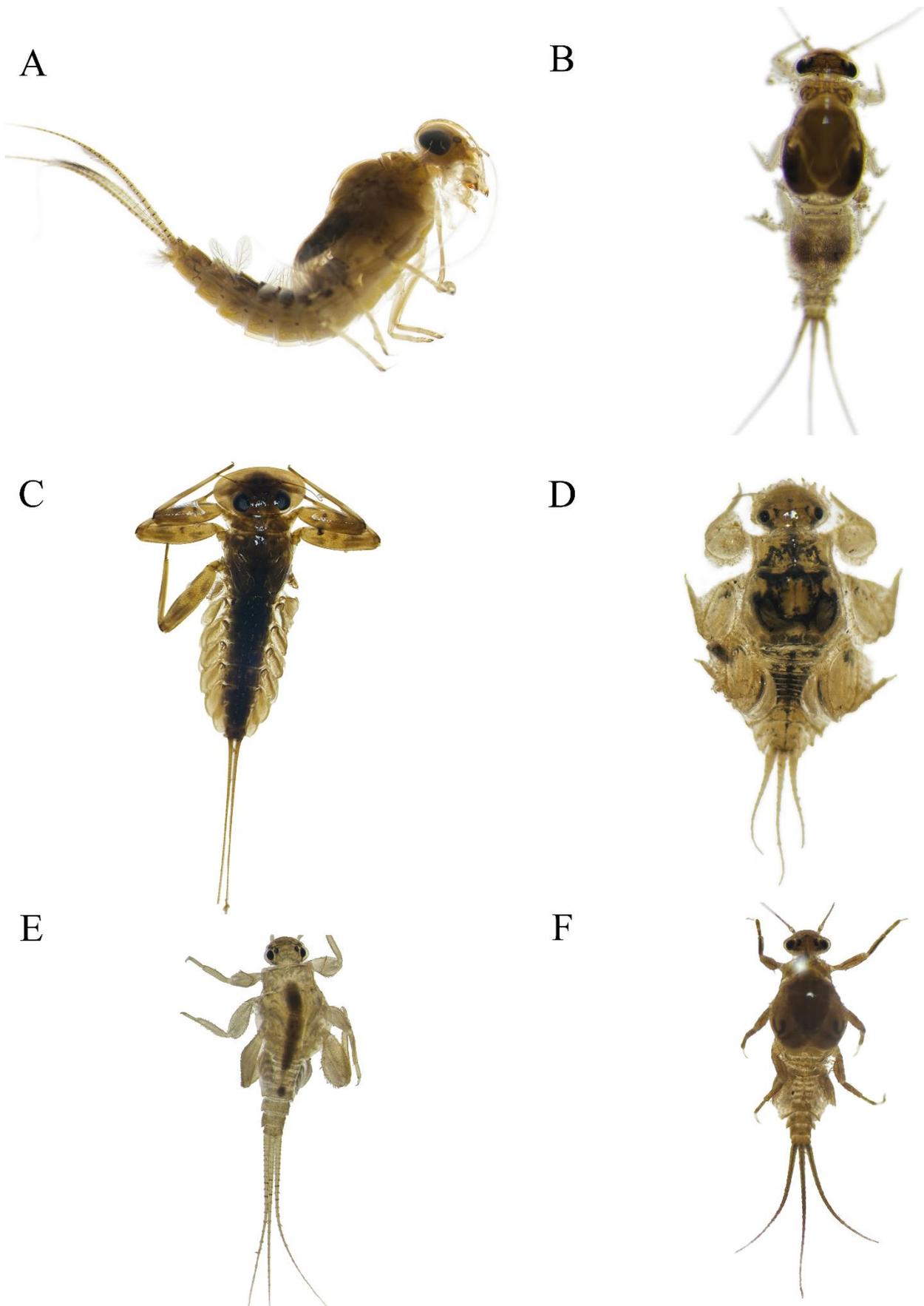


FIGURA 79. A) *Cloeon* sp., B) *Caenis* sp., C) *Epeorus* sp., D) *Asioplax* sp., E) *Leptohyphes* sp., F) *Tricorythodes* sp.

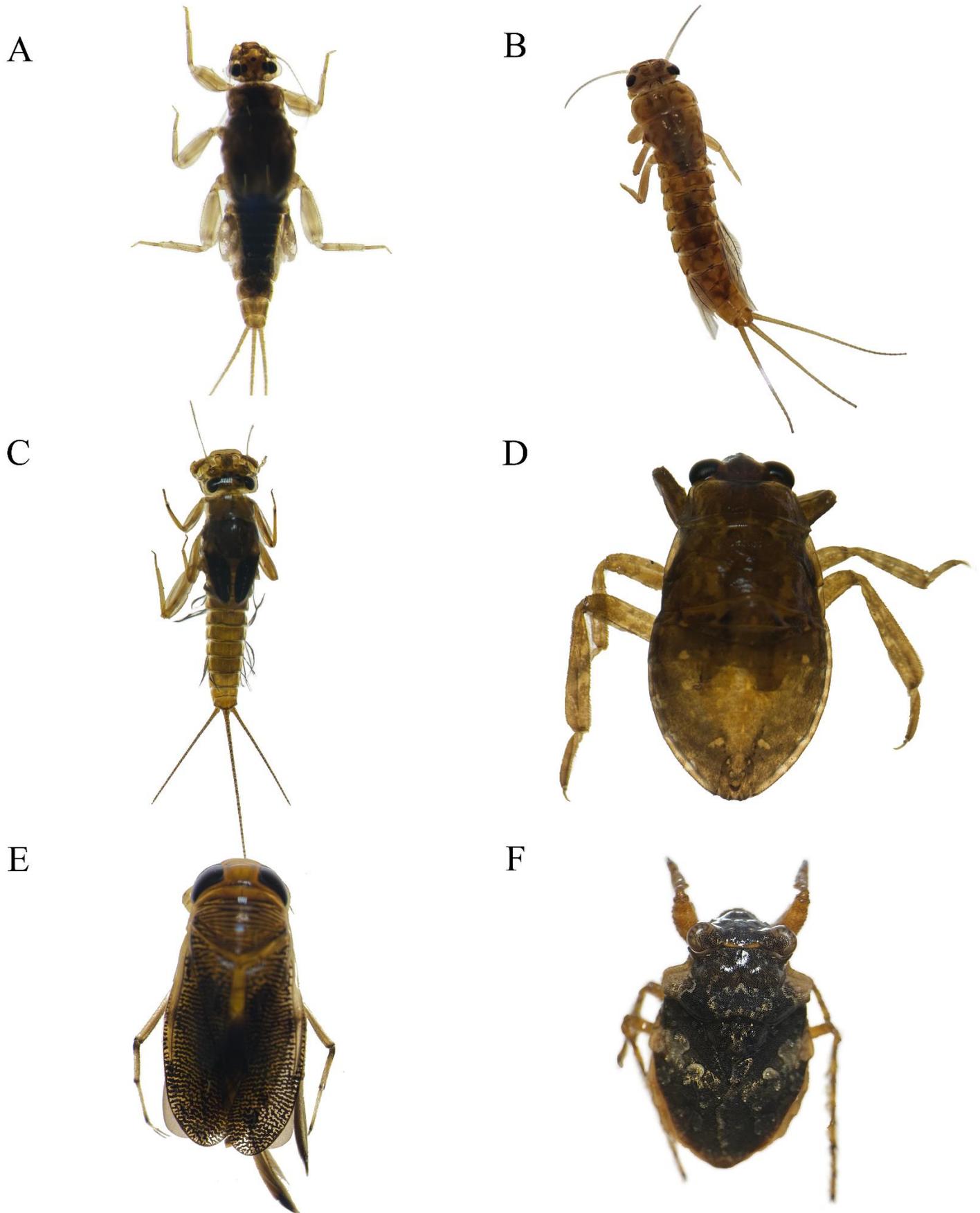


FIGURA 80. A) *Vacupernius* sp., B) *Terpides* sp., C) *Thraulodes* sp., D) Belostomatidae, E) *Neocorixa* sp., F) *Gelastocoris* sp.

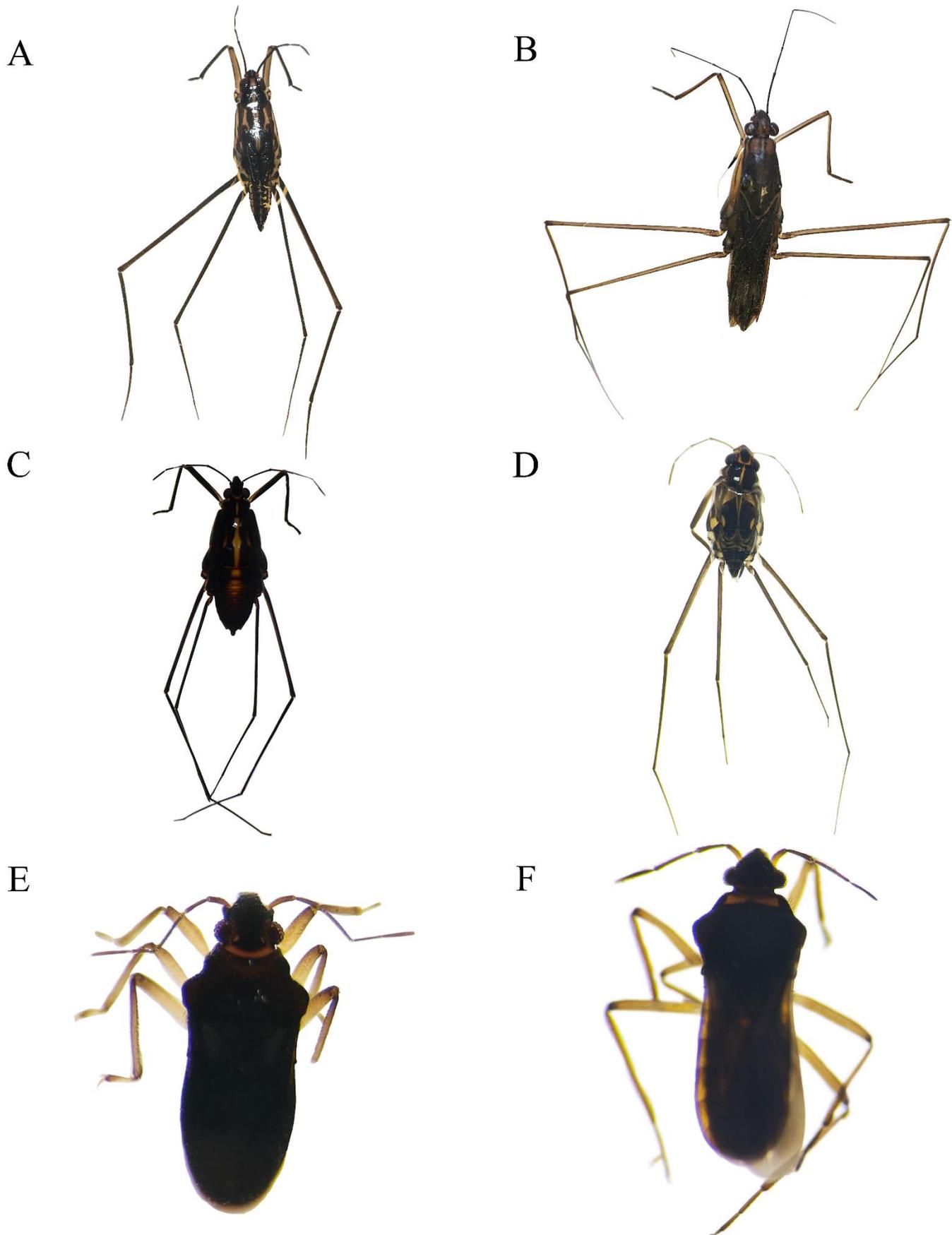


FIGURA 81. A) *Gerris* sp., B) *Limnoporus* sp., C) *Metrobates* sp., D) *Trepobates* sp., E) *Hebrus* sp., F) *Merragata* sp.

A



B



C



D



E



F



FIGURA 82. A) *Mesovelia* sp., B) *Ambrysus* sp., C) *Cryphocricos* sp., D) *Limnocoris* sp., E) Nepidae, F) Notonectidae.



FIGURA 83. A) *Microvelia* sp., B) *Rhagovelia* sp., C) *Petrophila* sp., D) *Corydalus* sp., E) *Hetaerina* sp., F) *Argia* sp.

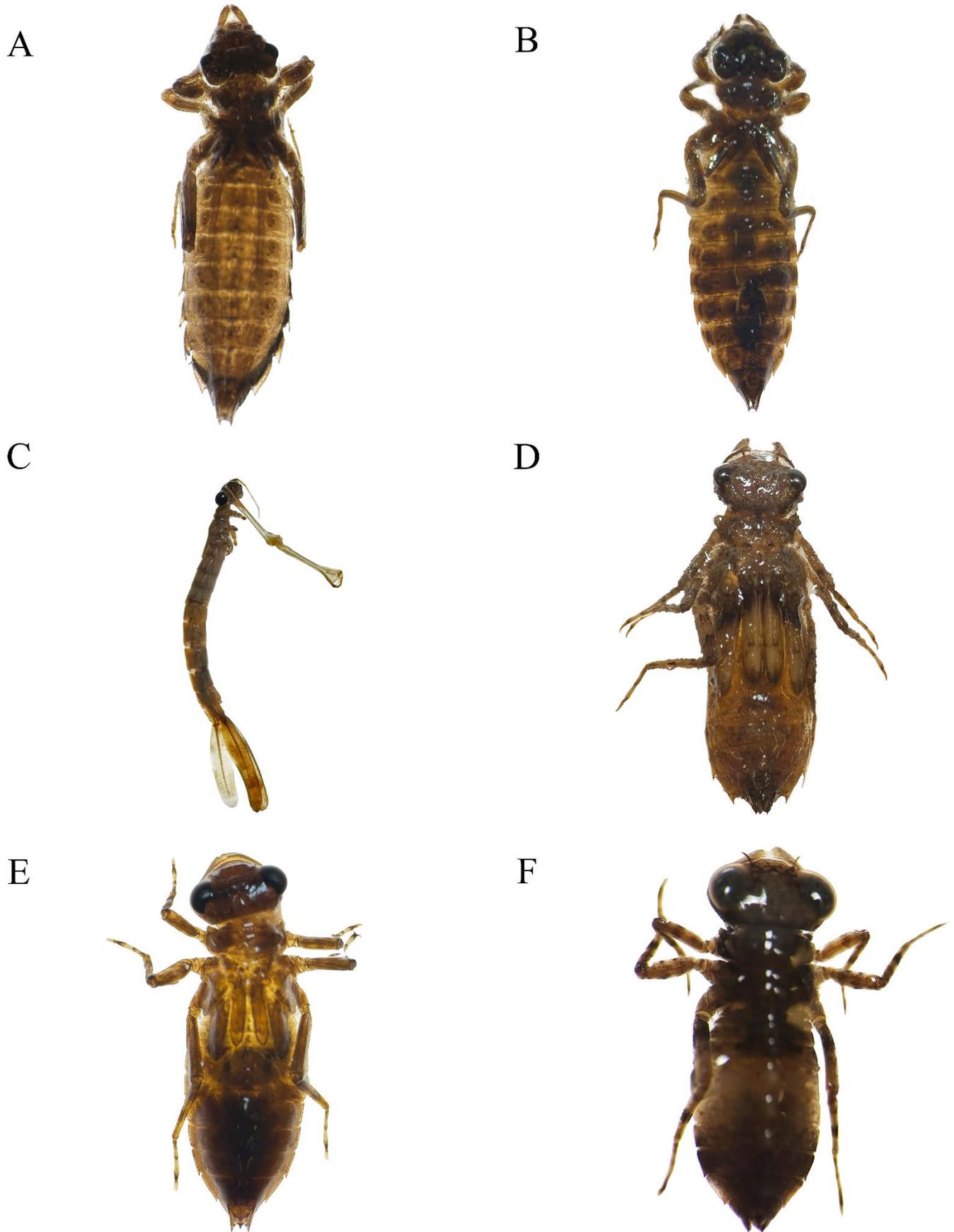


FIGURA 84. A) *Ophiogomphus* sp., B) *Progomphus* sp., C) *Archilestes* sp., D) *Libellula* sp., E) *Paltothemis* sp., F) *Perithemis* sp.

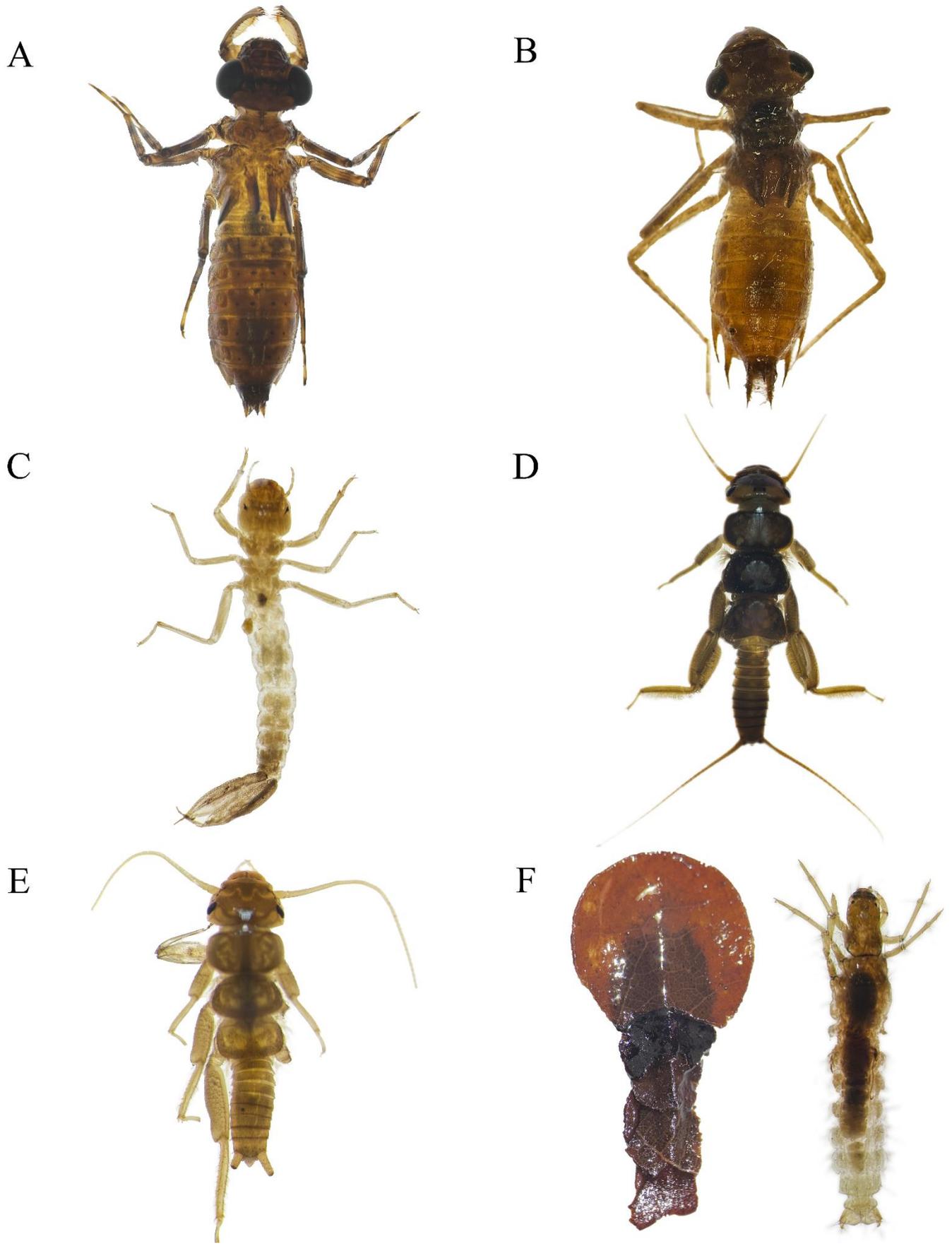


FIGURA 85. A) *Pseudoleon* sp., B) *Tremea* sp., C) *Palaemnema* sp., D) *Anacroneuria* sp., E) *Hansonoperla* sp., F) *Phylloicus* sp.

A



B



C



D



E



F



FIGURA 86. A) *Austrotinodes* sp., B) *Culoptila* sp., C) *Glossosoma* sp., D) *Helicopsyche* sp., E) *Atopsyche* sp., F) *Diplectrana* sp.

A



B



C



D



E



F



FIGURA 87. A) *Hydropsyche* sp., B) *Leptonema* sp., C) *Smicridea* sp., D) *Leucotrichia* sp., E) *Ochrotrichia* sp., F) *Zumatrichia* sp.



FIGURA 88. A) *Nectopsyche* sp., B) *Oecetis* sp., C) *Chimarra* sp., D) *Wormaldia* sp., E) *Cernotia* sp., F) *Polycentropus* sp.

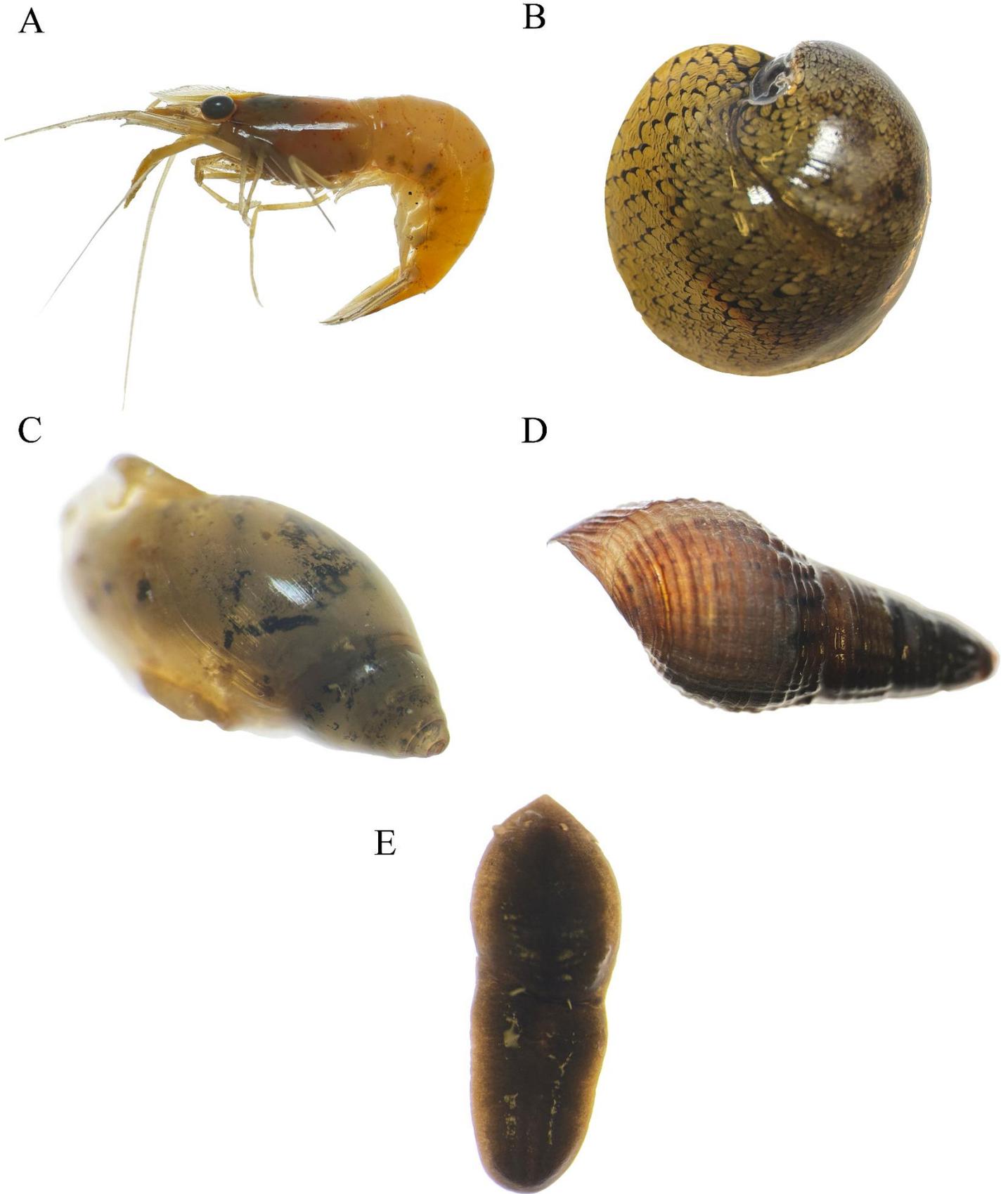


FIGURA 89. A) *Macrobrachium* sp., B) Neritidae, C) Physidae, D) *Melanoides* sp., E) Dugesiiidae.

A



B



C



D



E



FIGURA 90. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos del estero El Salado. A) *Litopenaeus* sp., B) Cirripedia, C) *Halobates* sp., D) Terebellidae, E) Polychaeta.

4.6.1 Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Ameca-Mascota

Correspondiente a la cuenca Ameca-Mascota, se muestrearon 15 sitios con diferente uso de suelo y grado de conservación. Se colectaron e identificaron 1347 MIBs agrupados en 3 filos: Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes (siendo el filo Arthropoda el más abundante), dando como resultado un total de 73 *taxa* para dicha cuenca. Los sitios AM10 y AM6 registraron la mayor riqueza de *taxa* (20 y 19 *taxa* respectivamente), ya que fueron sitios con una mayor heterogeneidad de hábitats que pueden ser aprovechados por una mayor diversidad de MIBs, mientras que AM1 y AM7 obtuvieron los valores más bajos de riqueza de *taxa* (4 y 8 *taxa* respectivamente) (Fig. 91). Con respecto a AM7, la disminución de diversidad pudo estar relacionada a la condición estancada del sistema (efecto de la temporada de secas), a la constante remoción de sedimento y desechos orgánicos por parte del ganado y la nula conservación de la vegetación de ribera (lo que promueve un alto grado de erosión de las orillas de los ríos).

El índice de equitatividad (J') arrojó valores que oscilaron entre 0.65 y 0.93, siendo AM3 y AM4 los sitios con los mayores valores (0.91 y 0.93, respectivamente) lo que indica que los *taxa* presentes contribuyen con abundancias similares (no hay especies dominantes), mientras que AM14 y AM7 tuvieron los valores más bajos (0.65 y 0.69, respectivamente) lo que indica que hubo uno o algunos *taxa* con abundancias mucho mayores a las del resto de organismos y que estuvieron dominando la composición aprovechando de mejor manera los recursos (Fig. 91).

Correspondiente a la diversidad entre sitios, los valores oscilaron entre 1.2 y 2.6. Se puede apreciar que AM10 además de tener la mayor riqueza de *taxa* también tuvo el mayor valor de diversidad. Similar a lo anterior, sitios como AM1 y AM7 con baja riqueza de *taxa* coinciden en bajos niveles de diversidad. Para el caso de los sitios con riquezas similares, pero diversidad distinta se puede atribuir a las diferencias de abundancias relativas ya que, valores de diversidad menores entre muestras indican dominancia de algunos *taxa* (Fig. 91).

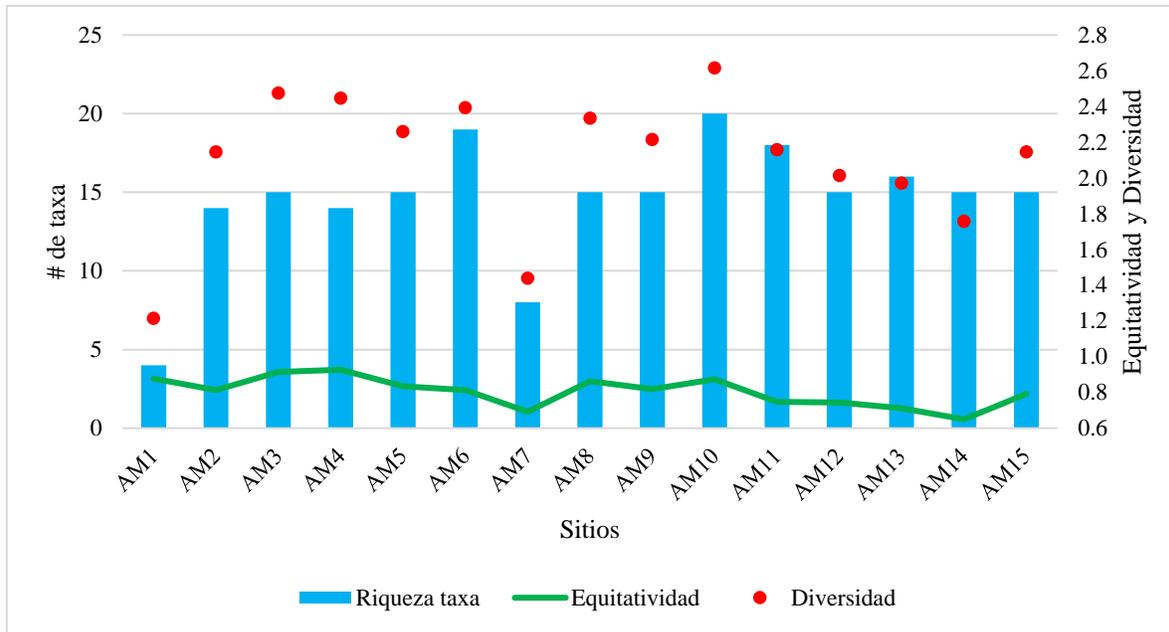


FIGURA 91. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

En la Tabla 20 se presenta el listado completo de *taxa* y las abundancias relativas para cada sitio de muestreo. Cabe resaltar la presencia de *taxa* raros que solo se registraron en un sitio con una abundancia relativa menor o igual al 1% como coleópteros de las familias Dytiscidae e Hydrophilidae, organismos del orden Collembola, algunas familias de dípteros como Athericidae, Empididae y Psychodidae, así como el género *Tramea* sp. correspondiente al orden odonata.

Por otra parte, la familia Chironomidae (orden Diptera) estuvo presente en 12 sitios siendo el *taxa* con más presencia dentro de la cuenca, así como el género *Centroptilum* sp. (orden Ephemeroptera) registrado en 10 sitios de muestreo.

TABLA 20. Distribución y abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

<i>Taxa</i>	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
Dytiscidae 1			2.0		1.6	3.7	24.1								
Dytiscidae 2												0.7			
Dytiscidae 3							51.9								
Elmidae			2.0		4.8	6.5		4.0	6.1	8.3				1.2	
<i>Dineutus</i> sp.					12.9										
Hydrophilidae															0.6
<i>Psephenus</i> sp.					4.8	2.8					5.9	4.4	3.5		
Staphylinidae		1.9								1.4					
Collembola									1.0						
Athericidae								0.8							
Blephariceridae				4.5											
Chironomidae		7.5	6.0	9.1	3.2	3.7		1.6	11.2	2.8	0.7		7.1	0.6	18.8
Culicidae		1.9					5.6							0.6	
Dixidae			4.0	4.5				3.2	1.0	5.6		1.5			
Empididae															0.6
Psychodidae						0.9									
Simuliidae		1.9	12.0												
Stratiomyidae					1.6								2.4	2.5	
Syrphidae							5.6								
Tabanidae									1.0	1.4	0.7				

<i>Taxa</i>	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
Tipulidae			2.0	4.5	3.2	0.9			2.0	2.8	0.7				
<i>Baetodes</i> sp.											1.3				
<i>Camelobaetidius</i> sp.								12.8			2.0				0.6
<i>Centroptilum</i> sp.			6.0	13.6	9.7	12.8		16.0	2.0	22.2	4.6	3.7			3.8
<i>Cloeon</i> sp.														5.0	
<i>Epeorus</i> sp.		3.8	2.0	22.7		2.8		6.4		1.4					
<i>Leptohyphes</i> sp.						1.8			2.0	1.4	2.6	2.2	2.4		
<i>Tricorythodes</i> sp.															1.9
<i>Vacupernius</i> sp.													1.2		
<i>Thraulodes</i> sp.		9.4	14.0	9.1		8.3		23.2		4.2	27.0	1.5			
Belostomatidae			4.0	4.5	1.6	0.9	1.9			2.8			1.2	0.6	1.3
<i>Neocorixa</i> sp.						29.4	5.6					1.5	3.5		
<i>Gelastocoris</i> sp.	11.1													0.6	
<i>Gerris</i> sp.											0.7		1.2		
<i>Limnopus</i> sp.										4.2					
<i>Metrobates</i> sp.					8.1										
<i>Trepobates</i> sp.				4.5		0.9						1.5		0.6	
<i>Hebrus</i> sp.		3.8													
<i>Merragata</i> sp.	44.4														
<i>Mesovelis</i> sp.	33.3				17.7				10.2						
<i>Ambrysus</i> sp.					1.6										

<i>Taxa</i>	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Limnocois</i> sp.										5.6					
Notonectidae							3.7			2.8					
<i>Microvelia</i> sp.		3.8		4.5	25.8										
<i>Rhagovelia</i> sp.		37.7	18.0					5.6	15.3	16.7		10.4	28.2	17.4	18.1
<i>Petrophila</i> sp.													1.2		
<i>Hetaerina</i> sp.			8.0	4.5		1.8		1.6							
<i>Argia</i> sp.						3.7					3.9		2.4	0.6	0.6
<i>Progomphus</i> sp.												1.5			
<i>Archilestes</i> sp.				4.5											
<i>Libellula</i> sp.													1.2		
<i>Paltothemis</i> sp.						12.8		2.4							
<i>Pseudoleon</i> sp.										2.8					3.7
<i>Tramea</i> sp.															0.6
<i>Palaemnema</i> sp.											2.6				
<i>Anacroneuria</i> sp.								9.6	2.0						
<i>Hansonoperla</i> sp.									4.1						
<i>Phylloicus</i> sp.					1.6					4.2		1.5	7.1		
<i>Glossosoma</i> sp.		7.5								2.8		14.8			
<i>Helicopsyche</i> sp.						1.8					17.1	25.2	1.2		
<i>Atopsyche</i> sp.		3.8	4.0	4.5		1.8		1.6							
<i>Leptonema</i> sp.		11.3	10.0					8.0	21.4	5.6					

<i>Taxa</i>	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15
<i>Smicridea</i> sp.									19.4		2.6				7.5
<i>Nectopsyche</i> sp.					1.6							0.7	1.2		1.3
<i>Oecetis</i> sp.										1.4					
<i>Chimarra</i> sp.		1.9							1.0		1.3				2.5
<i>Wormaldia</i> sp.								3.2							
<i>Cernotia</i> sp.		3.8													
<i>Polycentropus</i> sp.	11.1		6.0	4.5		2.8									
<i>Macrobrachium</i> sp.											1.3				
Physidae							1.9							24.8	7.5
<i>Melanoides</i> sp.											23.7	28.9	35.3	37.9	15.6
Dugesiiidae											1.3			3.1	19.4

Para la aplicación del índice de calidad de agua basado en MIBs (BMWP/Col) se obtuvo un listado de familias a partir de los 73 *taxa* obtenidos inicialmente y se calculó para cada sitio de colecta. Se calculó con 52 familias de MIBs, de las cuales, Athericidae, Collembola, Dugesiiidae, Heptageniidae, Platystictidae, Syrphidae y Thiaridae no tienen un valor de tolerancia ya que dicho índice está ajustado para otro país y es esperada la falta de puntajes para algunas familias.

Los resultados del índice mostraron que AM5, AM6, AM10 y AM12 están clasificados con buena calidad que indica aguas muy limpias (categoría más alta), AM1 y AM7 con una calidad crítica que representa aguas muy contaminadas y el resto de sitios con una calidad aceptable con aguas ligeramente contaminadas (Tabla 21).

Las categorías de calidad de agua de AM6 y AM10 coincidieron con los valores más altos de riqueza de *taxa*, lo que aseguró un mayor número de familias (19 y 20 respectivamente) que fueron consideradas para el cálculo del puntaje, mientras que AM5 y AM12 presentaron un menor número de familias, pero con valores altos que representan organismos sensibles a la contaminación. Para el caso de AM1 el puntaje se calculó tomando 4 familias cuyos puntajes de tolerancia son de 4 a 8, sin embargo, debido a la escasa riqueza de familias, la categoría de calidad de agua fue la más baja. AM7 presentó un caso similar al incluir 7 familias con puntajes de tolerancia de 2 a 6 que indican organismos muy tolerantes a perturbaciones del sistema como son algunas familias de mosquitos como Chironomidae y Culicidae, así como gastropodos de la familia Physidae.

TABLA 21. Puntajes y categorías del índice BMWP/Col en la Cuenca Ameca-Mascota.

Sitio	BMWP/Col	Categoría	Sitio	BMWP/Col	Categoría
AM1	27	Crítica	AM9	76	Aceptable
AM2	84	Aceptable	AM10	125	Buena
AM3	96	Aceptable	AM11	85	Aceptable
AM4	82	Aceptable	AM12	115	Buena
AM5	101	Buena	AM13	96	Aceptable
AM6	126	Buena	AM14	61	Aceptable
AM7	33	Crítica	AM15	68	Aceptable
AM8	87	Aceptable			

Con el índice ASTP, se calcularon los valores de calidad de agua tomando en cuenta las abundancias relativas de cada familia y los valores de tolerancia proporcionados por el BMWP/Col (Tabla 21). Se

puede observar que algunos sitios cambiaron de categoría con respecto a los valores solo del BMWP/Col. La mayoría de los sitios se encuentran con una calidad excelente de agua incluso AM1 y AM7 los cuales obtuvieron la peor calidad con el índice anterior; lo cual se debe a que las mayores abundancias relativas correspondían a familias de buena calidad de agua. Contrario a los sitios anteriores, AM4 y AM13 bajaron de categoría, ya que las familias con un puntaje de buena calidad estaban representadas por abundancias relativas bajas. Finalmente, AM14 y AM15 se clasificaron como sitios de mala calidad al presentar abundancias altas de organismos muy tolerantes a la contaminación, cabe resaltar que para estos dos últimos sitios faltó considerar los puntajes de familias muy abundantes como Dugesiidae y Thiaridae que podrían haber aportado una categoría distinta a la registrada (Fig. 92).

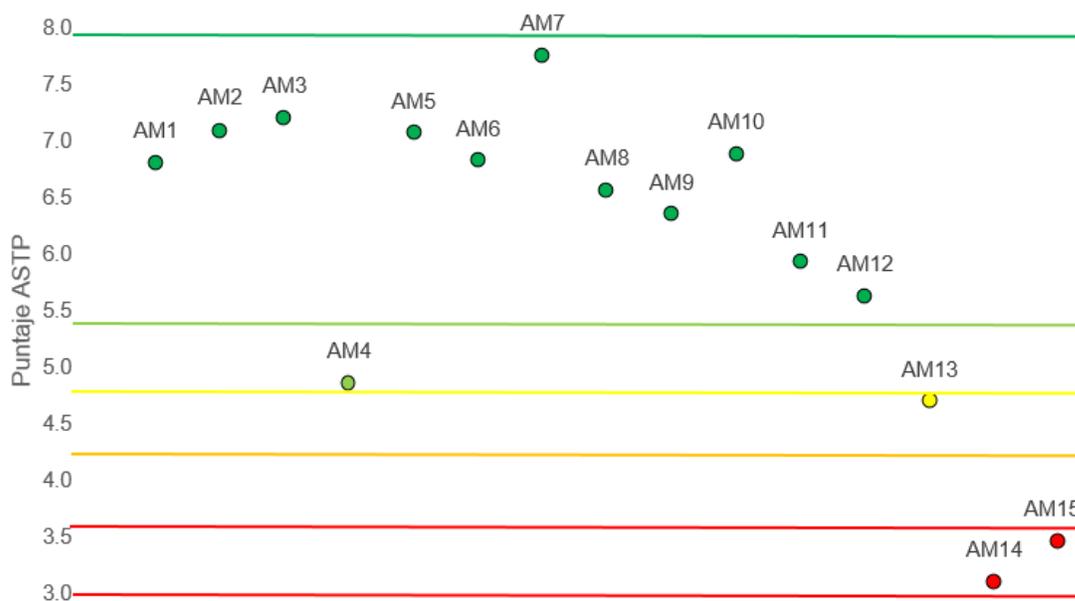


FIGURA 92. Valores del índice ASTP calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Ameca-Mascota, Jalisco.

4.6.2 Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Pitillal

En la cuenca El Pitillal se colectaron 5 sitios con un total de 725 MIBs, los cuales estuvieron agrupados en 2 filos: Arthropoda y Platyhelminthes (siendo el filo Arthropoda el más abundante). Como resultado de lo anterior se identificaron de 47 *taxa* para la cuenca. Los sitios Pi3 y Pi4 registraron la mayor riqueza de *taxa* (25 y 28 *taxa*, respectivamente), mientras que Pi5 obtuvo el valor más bajos de riqueza de *taxa* (19 *taxa*) que pudo estar relacionada con las áreas de asentamientos humanos

ubicadas a lo largo del río, fuentes evidentes de contaminación inorgánica provenientes de dichos asentamientos y una calidad de hidromorfológica alterada y pérdida de vegetación de ribera (Fig. 93).

El índice de equitatividad (J') arrojó valores que oscilaron entre 0.70 a 0.87, siendo Pi 5 el sitio con el mayor valor (0.87) lo que indica que los *taxa* presentes contribuyen con abundancias similares (no hay especies dominantes). El resto de los sitios pueden ser considerados con una distribución de *taxa* cercana a la homogeneidad (Fig. 93).

La diversidad estuvo dada por valores que oscilaron entre 2.1 y 2.7, siendo Pi2, Pi4 y Pi5 los sitios con los valores más altos de diversidad. Cabe resaltar que Pi5 obtuvo los valores más bajos de riqueza, pero las abundancias relativas se encuentran distribuidas de manera más homogénea, lo cual permite obtener valores altos de equitatividad y diversidad (Tabla 22).

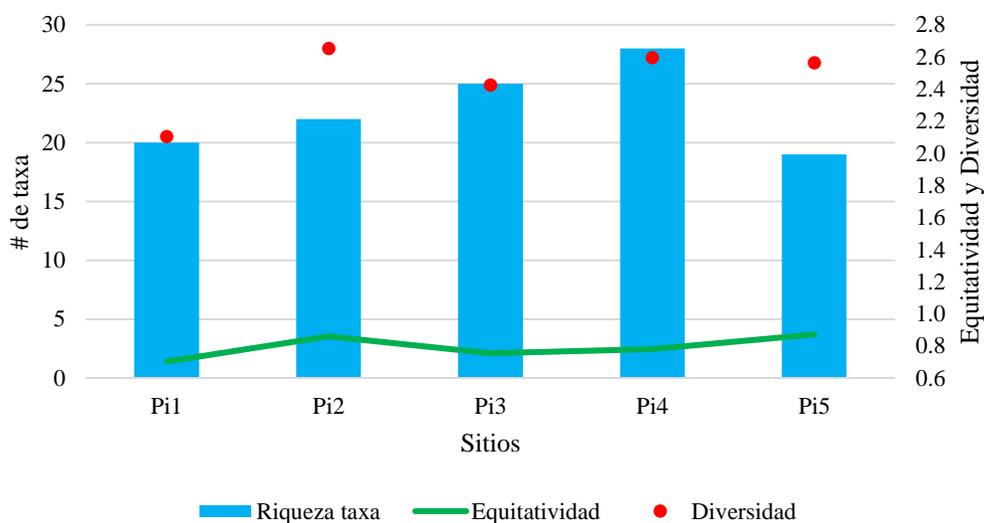


FIGURA 93. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Pitillal, Jalisco.

En la Tabla 22 se presenta el listado completo de *taxa* y las abundancias relativas para cada sitio de muestreo. Se registraron 9 *taxa* raros que solo estuvieron presentes en un sitio con una abundancia relativa menor o igual al 1%. Estos *taxa* corresponden a hemípteros como *Cryphocricos* sp., *Hebrus* sp. y *Notonectidae*, algunos dípteros de las familias *Athericidae*, *Ceratopogonidae*, *Tipulidae* y *Dolichopodidae*, un plecóptero del género *Hansonoperla* sp. y un odonato del género *Palaemnema* sp.

La familia Hydropsychidae (Tricoptera) fue la más abundante seguido de la familia Elmidae (Coleoptera), ambas tuvieron abundancias considerables en los 5 sitios de la cuenca, así como la familia Veliidae (Hemiptera).

TABLA 22. Distribución y abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos en la cuenca Pitillal, Jalisco.

<i>Taxa</i>	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
Acari [Subclase]	0.88			1.06	
Elmidae	15.92	5.1	22.64	19.58	3.45
Psephenus			0.55	1.59	15.17
Athericidae				0.53	
Ceratopogonidae			0.55		
Chironomidae	0.88	3.06	11.05	2.65	5.52
Dixidae		3.06			
Dolichopodidae				0.53	
Simuliidae	0.88	7.14	24.31	16.93	4.14
Stratiomyidae		1.02	0.55		
Tabanidae		1.02		1.59	
Tipulidae					1.38
<i>Centroptilum</i> sp.	1.77		3.31	1.59	1.38
<i>Baetodes</i> sp.	1.77		2.21		1.38
<i>Camelobaetidius</i> sp.	9.73		2.21		8.97
<i>Epeorus</i> sp.	1.77	1.02	3.31	2.12	
<i>Leptohyphes</i> sp.	15.93	10.2	8.29	3.17	6.9
<i>Asioplax</i> sp.					2.07
<i>Thraulodes</i> sp.		2.04	2.21	1.59	4.14
Belostomatidae		2.04			
<i>Hebrus</i> sp.		1.02			
<i>Limnocoris</i> sp.	0.88	5.1	1.1	1.59	
<i>Ambrysus</i> sp.			0.55	0.53	
<i>Cryphocricos</i> sp.	0.88				
Notonectidae				0.53	
		24.49	4.97	13.23	2.07

<i>Taxa</i>	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5
<i>Microvelia</i> sp.			3.31		
<i>Petrophila</i> sp.	0.88			1.06	2.07
<i>Corydalus</i> sp.	0.88	2.04		1.06	
<i>Hetaerina</i> sp.		11.22		1.06	
<i>Argia</i> sp.				0.53	0.69
<i>Paltothemis</i> sp.	0.88		0.55		
<i>Palaemnema</i> sp.					0.69
<i>Anacroneuria</i> sp.		4.08		6.88	
<i>Hansonoperla</i> sp.			0.55		
<i>Phylloicus</i> sp.		5.1		0.53	
<i>Glossosoma</i> sp.		2.04	0.55		
<i>Culoptila</i> sp.					2.07
<i>Helicopsyche</i> sp.	0.88		0.55	0.53	11.72
<i>Atopsyche</i> sp.	1.77			0.53	
<i>Smicridea</i> sp.	36.28	4.08	3.31	2.65	8.97
<i>Leptonema</i> sp.	3.54	2.04	0.55	1.06	
<i>Leucotrichia</i> sp.	1.77				17.24
<i>Nectopsyche</i> sp.			1.1	13.23	
<i>Chimarra</i> sp.		1.02	1.1	2.12	
<i>Polycentropus</i> sp.		2.04			
Dugesiiidae	1.77		0.55		

El índice BMWP/Col fue calculado a partir de 38 familias, de las cuales las familias Athericidae, Heptageniidae, Crambidae, Platystictidae, Dugesiiidae y la subclase Acari no se consideraron debido a que el índice no ha considerado los valores de tolerancia de dichas familias. En la Tabla 23 se aprecia que de manera general los sitios presentan aguas limpias a ligeramente contaminadas, siendo Pi2, Pi3 y Pi4 los sitios con mayor puntaje y mejor calidad de agua resaltando la presencia de organismos sensibles a la contaminación e indicadores de aguas poco contaminadas como las familias Simuliidae, Leptophlebiidae, Psephenidae, Calamoceratidae, Perlidae y Philopotamidae. Por otra parte, Pi1 y P5 tuvieron familias un poco más tolerantes a contaminación como las familias Baetidae, Naucoridae, Coenagrionidae e Hydroptilidae.

TABLA 23. Puntajes y categorías del índice BMWP/Col en la Cuenca Pitillal.

Sitio	BMWP/Col	Categoría	Sitio	BMWP/Col	Categoría
Pi1	80	Aceptable	Pi4	161	Buena
Pi2	141	Buena	P5	96	Aceptable
Pi3	122	Buena			

Posterior al cálculo del índice BMWP/Col, los resultados arrojados por el ASTP (Fig. 94) indicaron que todos los sitios pueden ser considerados con aguas de excelente calidad aun cuando algunos valores de calidad de bosque de ribera e hidromorfología no fueron los óptimos, como en Pi3 y Pi5.

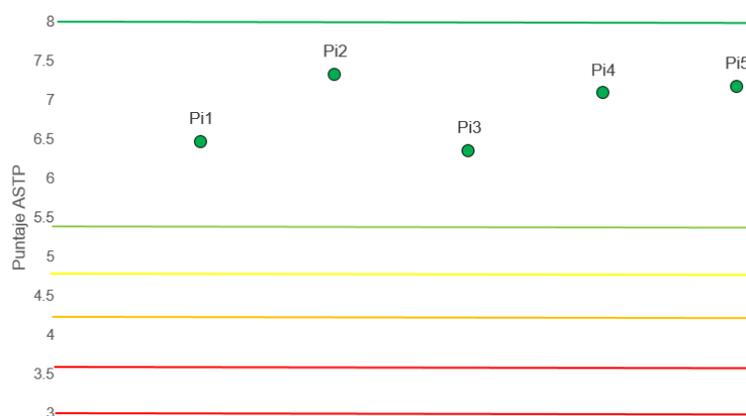


FIGURA 94. Valores del índice ASTP calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Pitillal, Jalisco.

4.6.2.1 Macroinvertebrados bentónicos en el estero El Salado

Finalmente se consideró al sitio El Salado independiente a los demás sitios debido al contraste de características físicas, químicas e hidromorfológicas con respecto a los demás sitios. Es un lugar considerado como área natural protegida y tiene una conexión permanente con aguas marinas. Se obtuvo una muestra de la orilla y se identificaron 5 *taxa*. El valor de equitatividad fue alto (0.78) con 3 *taxa* que pueden estar dominando el ensamble de MIBs en esa parte del estero debido a las abundancias de cada individuo.

Para este sitio no se calculó la diversidad al no tener más sitios con características similares para poder comparar entre ellos.

La fauna registrada pertenece a los filos Arthropoda y Annelidae. El género *Halobates* sp. (Hemiptera) tuvo la mayor abundancia relativa 38%, seguidos de Polychaetos con 36% y Cirripedos con 20%, Terebellidae con 4% y los decápodos del género *Litopenaeus* sp. tuvieron la menor abundancia (2%). Debido al tipo de diversidad de organismos presentes en el estero, no fue posible aplicar algún tipo de índice de calidad de agua ya que los establecidos para las otras cuencas se ajustan mejor a la fauna de sistemas lénticos. Debido a lo anterior, se enlistan algunas características de los *taxa* registrados.

El género *Halobates* sp. ha sido reportado como un género que puede vivir en mar abierto o en sistemas lagunas o esteros. Está asociado a manglares o plantas marinas ya que desarrolla un mecanismo de “osmoregulación” que le permite habitar sistemas con altas salinidades. Es de gran importancia dentro de las cadenas tróficas, especialmente como alimento para varias especies de aves.

Los poliquetos (Plychaeta y Terebellidae) han sido utilizados recientemente como indicadores en zonas costeras ya que abarca una serie de especies con amplios gradientes de tolerancias; desde zonas prístinas hasta áreas altamente perturbadas.

Con respecto a los organismos denominados Cirripedos (comúnmente llamado percebes), son organismos marinos que se encontraron adheridos a la superficie del mangle y de embarcaciones produciendo daños en las superficies a las que se adhieren. Estos organismos son capaces de tolerar situaciones ambientales extremas como zonas de alta temperatura y marea baja.

Finalmente, el género *Litopenaeus* sp. es un tipo de camarón nativo de la costa del océano Pacífico. Habitan sistemas con rangos de salinidad entre 2-40 UPS y prevalecen en ambientes tropicales y subtropicales con fondos arenosos.

4.6.3 *Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Cuale*

Dentro de la cuenca El Cuale se tomaron en cuenta 4 sitios con una abundancia total de 517 macroinvertebrados bentónicos. Los organismos estuvieron agrupados en 2 filos: Arthropoda y Platyhelminthes (siendo el filo Arthropoda con el mayor número de *taxa*) arrojando un total de 46 *taxa*. El sitio Cu3 presentó la mayor riqueza de *taxa* al ser el sitio mejor conservado de acuerdo con la hidromorfología, uso de suelo y la conservación del bosque de ribera (Fig. 95). Por otro lado, Cu4 obtuvo menos riqueza de *taxa*, así como de abundancia de organismos al ser un sitio con una mayor urbanización a los lados del río y bastante modificación al bosque de ribera.

La equitatividad muestra valores entre 0.76 y 0.87 siendo Cu2 el sitio con una mayor homogeneidad en la distribución de los organismos. Cu1 obtuvo el menor valor ya que la familia Elmidae (Coleoptera) tuvo abundancias significativamente más elevadas que los demás organismos (Fig. 95).

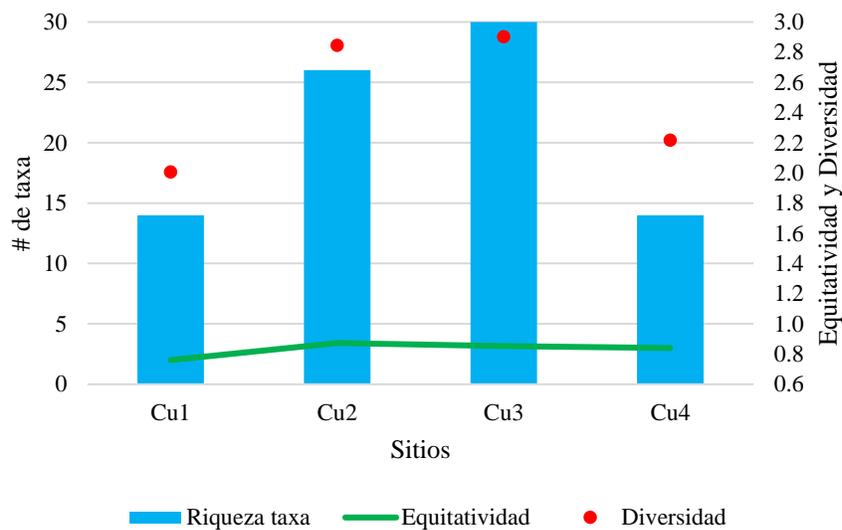


FIGURA 95. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Cuale, Jalisco.

Los valores de diversidad tuvieron un rango de 2 a 2.9 siguiendo el comportamiento de sitios con mayor riqueza y equitatividad presentar los valores más altos de diversidad (Fig. 95). Conforme a lo anterior Cu3 obtuvo la diversidad más alta, mientras que Cu1 la diversidad más baja debido a las altas abundancias en particular de la familia Elmidae y el género *Thraulodes*.

En la Tabla 24 se presentan los 46 *taxa* con abundancias relativas para cada sitio colectado.

En esta cuenca se presentó un número de 12 *taxa* raros, con una abundancia relativa menor o igual al 1% siendo Diptera y Odonata los ordenes con más familias raras como Ceratopogonidae, Psychodidae, Tabanidae y, por parte de los odonatos las familias Coenagrionidae, Gomphidae y Libellulidae. Así mismo se registraron otros *taxa* como Dytiscidae (Coleoptera), *Culoptila* sp., *Diplectrona* sp. (Tricoptera), *Vacupernius* sp. (Ephemeroptera), *Macrobrachium* sp. (Decapoda) y ácaros de la subclase Acari.

TABLA 24. Distribución y abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos en la cuenca Cuale, Jalisco.

Taxa	Cu1	Cu2	Cu3	Cu4
<i>Baetodes</i> sp.	1.8	1.9	1.2	
<i>Camelobaetidius</i> sp.		1.9	2.4	
<i>Centroptilum</i> sp.	9.8	4.4	1.8	6.5
<i>Caenis</i> sp.				11.7
Ceratopogonidae			0.6	
Chironomidae	4.5	4.4	5.9	6.5
<i>Argia</i> sp.			0.6	
<i>Corydalus</i> sp.	1.8	0.6	0.6	
<i>Petrophila</i> sp.			0.6	13.0
Dugesiidae			4.1	
Dytiscidae		0.6		
Elmidae	36.6	1.3	8.3	
<i>Limnopus</i> sp.		1.3		
<i>Culoptila</i> sp.			0.6	
<i>Glossosoma</i> sp.			1.8	6.5
<i>Ophiogomphus</i> sp.			0.6	
<i>Helicopsyche</i> sp.			1.2	29.9
<i>Epeorus</i> sp.	7.1		18.3	
<i>Atopsyche</i> sp.	2.7	0.6		
<i>Diplectrona</i> sp.		0.6		
<i>Hydropsyche</i> sp.			1.2	
<i>Leptonema</i> sp.	1.8	7.5	1.8	
<i>Smicridea</i> sp.	1.8	10.1	7.7	
<i>Leucotrichia</i> sp.		8.8		
<i>Ochrotrichia</i> sp.	0.9	2.5		
<i>Zumatrichia</i> sp.		8.2	13.6	
<i>Leptohyphes</i> sp.		11.9	4.1	9.1
<i>Vacupernius</i> sp.				1.3
<i>Thraulodes</i> sp.	18.8	10.1		5.2
<i>Paltothemis</i> sp.		1.3		

Taxa	Cu1	Cu2	Cu3	Cu4
<i>Perithemis</i> sp.			3.0	
<i>Pseudoleon</i> sp.			0.6	
<i>Cryphocricos</i> sp.		0.6	1.8	1.3
<i>Macrobrachium</i> sp.				1.3
<i>Anacroneuria</i> sp.	9.8	0.6		
<i>Hansonoperla</i> sp.		5.0		
<i>Chimarra</i> sp.		7.5	1.8	1.3
<i>Palaemnema</i> sp.			3.0	
<i>Polycentropus</i> sp.	1.8			
<i>Psephenus</i> sp.		0.6	3.0	5.2
Psychodidae		0.6		
Simuliidae		3.8	3.6	
Tabanidae	0.9			
Tipulidae			3.6	
<i>Rhagovelia</i> sp.		3.1	2.4	1.3
Acari [Subclase]			0.6	

Se tomaron en cuenta 33 familias para el índice BMWP/Col de las cuales 5 familias fueron descartadas por la falta de valores de tolerancia: Crambidae, Dugesiiidae, Heptageniidae, Platystictidae y la subclase Acari. Cu2 y Cu3 obtuvieron la categoría más alta de calidad de agua indicando sistemas muy limpios debido a la presencia de familias indicadoras de buena calidad como Gomphidae, Perlidae y Psephenidae, así como un uso de suelo forestal que puede tener una mejor conservación del sistema. Por otro lado, Cu1 y Cu3 obtuvieron categoría de aguas ligeramente contaminadas al tener familias que comienzan a ser tolerantes a fuentes de contaminación como Naucoridae y Libellulidae, así como al uso de suelo urbano y ganadero presente en la zona (Tabla 25).

TABLA 25. Puntajes y categorías del índice BMWP/Col en la Cuenca Cuale.

Sitio	BMWP/Col	Categoría	Sitio	BMWP/Col	Categoría
Cu1	77	Aceptable	Cu3	128	Buena
Cu2	142	Buena	Cu4	89	Aceptable

Al realizar el cálculo del índice ASTP, se pudo observar un cambio en la categoría del sitio Cu3 hacia una categoría de contaminación moderada. Lo anterior puede estar relacionado con que las mayores abundancias corresponden a familias tolerantes como Hydropsychidae, Hydroptilidae, Tipulidae y Chironomidae, estas últimas dos familias han sido ampliamente reportadas como indicadoras de aguas contaminadas (Fig. 96).

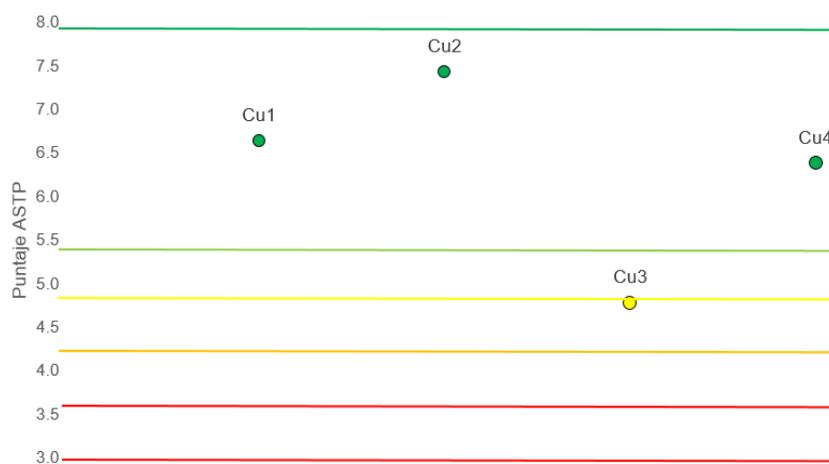


FIGURA 96. Valores del índice ASTP calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Cuale, Jalisco.

4.6.4 Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca Las Juntas

Se consideraron seis puntos a lo largo de la cuenca Las Juntas, donde se recolectaron un total de 643 organismos agrupados en 2 filos: Arthropoda y Platyhelminthes (siendo Arthropoda el más abundante y diverso). Se identificaron 46 *taxa* de los cuales, los géneros *Rhagovelia* sp., *Psephenus* sp., *Epeorus* sp. y la familia Simuliidae fueron los que presentaron mayores abundancias. El sitio Ju3 tuvo una mayor riqueza de *taxa* (Fig. 97) donde *Limnoporus* sp. (Hemiptera) y *Leptonema* sp. (Tricoptera) fueron los géneros con mayores abundancias de organismos. Por otro lado, Ju5 presentó la menor riqueza de *taxa* siendo uno de los sitios en la parte más baja de la cuenca.

De manera general los valores de equitatividad fueron altos, con datos que oscilaron entre 0.77 y 0.93; Ju1 presentó el mayor valor con una distribución más homogénea de las abundancias de MIBs, mientras que Ju6 obtuvo el puntaje más bajo ya que se registraron abundancias altas de la familia Neritidae (Gastropoda), lo cual puede estar influenciando el valor de equitatividad (Fig. 97).

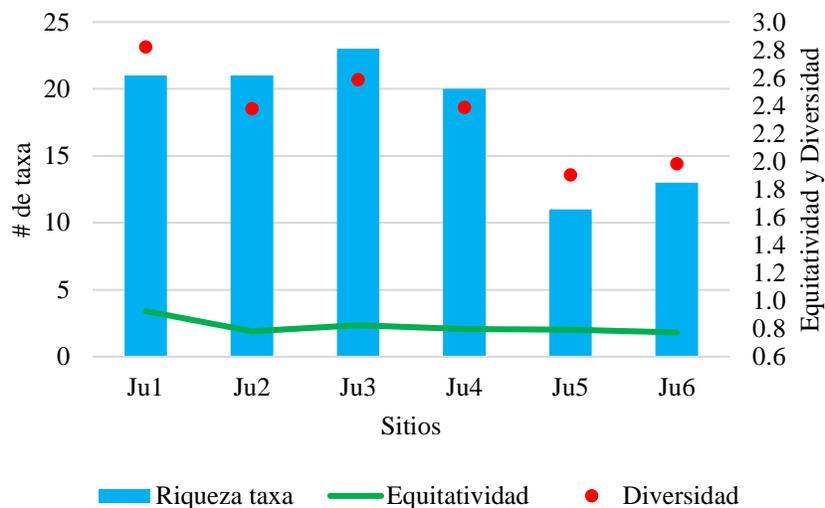


FIGURA 97. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

La diversidad se registró con valores de 1.9 a 2.8 siendo Ju1 el sitio con mayor diversidad, lo cual coincide con el mayor valor de equitatividad, lo cual indica una comunidad con distribución más homogénea (Fig. 97). Por otro lado, Ju5 y Ju6 presentaron valores similares con la menor diversidad, así como de equitatividad debido a la dominancia de la familia Neritidae y el género *Helicopsyche*.

TABLA 26. Distribución y abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

Taxa	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju6	Ju5
Acari [Subclase]						
<i>Baetodes sp.</i>	40.6	32.2	84.7	18.2		8.4
Belostomatidae	14.7					
<i>Phylloicus sp.</i>				17.2		
<i>Hetaerina sp.</i>	10.3		26.6	96.6		
Ceratopogonidae	13.2					
Chironomidae	2.9	7.5		17.2		
<i>Argia sp.</i>	51.5				122.1	68.3
Collembola						
<i>Corydalis sp.</i>		27.1	7.6			
<i>Petrophila sp.</i>						

Taxa	Ju1	Ju2	Ju3	Ju4	Ju6	Ju5
Dugesiidae						
<i>Austrotinodes sp.</i>						
Elmidae		22.6	19.0			
<i>Limnoporus sp.</i>		6.0	172.2			
<i>Glossosoma sp.</i>	72.1	31.6	31.0	18.1		
<i>Ophiogomphus sp.</i>		7.5	25.3			12.0
<i>Hebrus sp.</i>				6.9		
<i>Helicopsyche sp.</i>			5.1			
<i>Epeorus sp.</i>						
<i>Atopsyche sp.</i>					41.9	
<i>Leptonema sp.</i>	82.4	49.0	93.0	30.1	24.4	
<i>Nectopsyche sp.</i>	35.3					
<i>Leptohyphes sp.</i>	10.3					
<i>Thraulodes sp.</i>		33.8			10.5	
<i>Paltothemis sp.</i>					7.0	
<i>Ambrysus sp.</i>	61.6	42.0	4.2		219.8	
Neritidae						
Notonectidae		5.3	13.3	6.0		
<i>Macrobrachium sp.</i>	23.5	18.0	15.2	6.9	9.3	
<i>Anacroneuria sp.</i>	73.0	7.5		26.0		122.0
<i>Chimarra sp.</i>	13.2					
<i>Palaemnema sp.</i>						
<i>Polycentropus sp.</i>			5.7			
<i>Psephenus sp.</i>	44.1	112.8	101.3	25.9	11.6	158.5
Simuliidae	35.3		5.1	227.6	139.5	
Tabanidae		11.3	31.6	34.5	5.8	
<i>Microvelia sp.</i>	117.6	300.8	91.2	13.6	18.4	185.6

En la Tabla 26 se pueden observar las abundancias relativas de los 46 *taxa*, incluyendo los organismos raros que corresponden a individuos del orden Collembola, familia Dugesiidae, hemípteros de la familia Hebridae y Veliidae, tricopteros de las familias Helichopsychidae y

Polycentropodidae y una libélula de la familia Gomphidae. Los géneros *Petrophila* sp., *Psephenus* sp. y *Rhagovelia* sp. tuvieron la mayor representatividad al encontrarse en los 6 sitios colectados.

Se tomaron en cuenta 38 familias para el cálculo del índice BMWP/Col, de las cuales Acari, Crambidae, Dugesiidae, Ecnomidae, Heptageniidae, Neritidae y Platystictidae no fueron consideradas por la falta de valor de tolerancia. Las categorías del índice clasificaron a los sitios como de buena calidad (Ju1-Ju4), ya que tuvieron un mayor número de familias y, por ende, un mayor puntaje en el índice. Ju6 obtuvo una categoría de calidad aceptable con aguas ligeramente contaminadas porque a pesar de tener una riqueza menor a los sitios anteriores, las familias presentes fueron organismos con cierta sensibilidad a la contaminación. Por último, Ju5 al ser el sitio con la menor riqueza de *taxa*, obtuvo una categoría de dudosa calidad con aguas moderadamente contaminadas (Tabla 27).

TABLA 27. Puntajes y categorías del índice BMWP/Col en la cuenca Las Juntas.

Sitio	BMWP/Col	Categoría	Sitio	BMWP/Col	Categoría
Ju1	120	Buena	Ju4	104	Buena
Ju2	117	Buena	Ju5	54	Dudosa
Ju3	128	Buena	Ju6	84	Aceptable

Sin embargo, al realizar el cálculo del índice ASTP todos los sitios obtuvieron una categoría de agua excelente ya que se tomaron en cuenta las abundancias de Ju5 y Ju6 y la presencia de familias muy sensibles a la contaminación como Veliidae, Simuliidae y Psephenidae, y que aportaron puntajes altos al índice, por lo que hubo un aumento de categoría. Se debe tomar en cuenta que las familias Heptageniidae y Crambidae aportaron un valor alto de abundancia, pero no pudieron ser tomados en cuenta. Este sesgo podría presentar una visión incompleta de las verdaderas características de los sitios de colecta (Fig. 98).

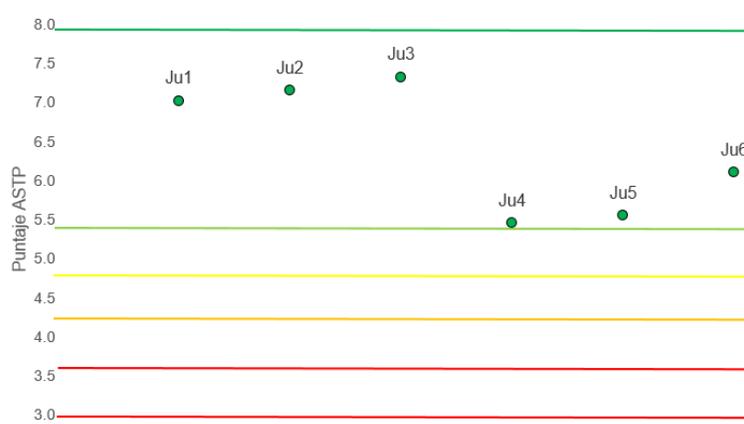


FIGURA 98. Valores del índice ASTP calculado para los sitios monitoreados en la cuenca Las Juntas, Jalisco.

4.6.5 Macroinvertebrados bentónicos en la cuenca El Tuito

En la cuenca de El Tuito se muestrearon 4 sitios y se obtuvieron 411 organismos. Estos organismos estuvieron agrupados en tres filos: Arthropoda, Annelida y Platyhelminthes (siendo Arthropoda el más abundante). A partir de lo anterior se identificaron 40 *taxa* donde el orden Ephemeroptera fue el más representativo. Tu4 tuvo los mayores valores de riqueza (Fig. 99), mientras que Tu2 y Tu3 las riquezas de *taxa* más bajas.

Con respecto a la equitatividad, se calcularon valores altos entre 0.78 y 0.90 y los valores siguieron la misma tendencia que la riqueza de *taxa*; siendo Tu4 el más homogéneo en cuanto a la distribución de las abundancias y Tu2 y Tu3 los valores más bajos. Lo anterior debido a que el género *Centroptilum* sp. contribuyó significativamente con abundancias mayores con respecto a los demás organismos (Fig. 99). La diversidad más alta se registró en Tu4 coincidiendo con los valores más altos de riqueza y equitatividad (Fig. 99). Tu2 y Tu3 presentaron la diversidad más baja, así como la equitatividad y riqueza de *taxa* debido a que géneros como *Centroptilum* y *Limnocoris* tuvieron abundancias muy superiores con respecto a los demás *taxa*.

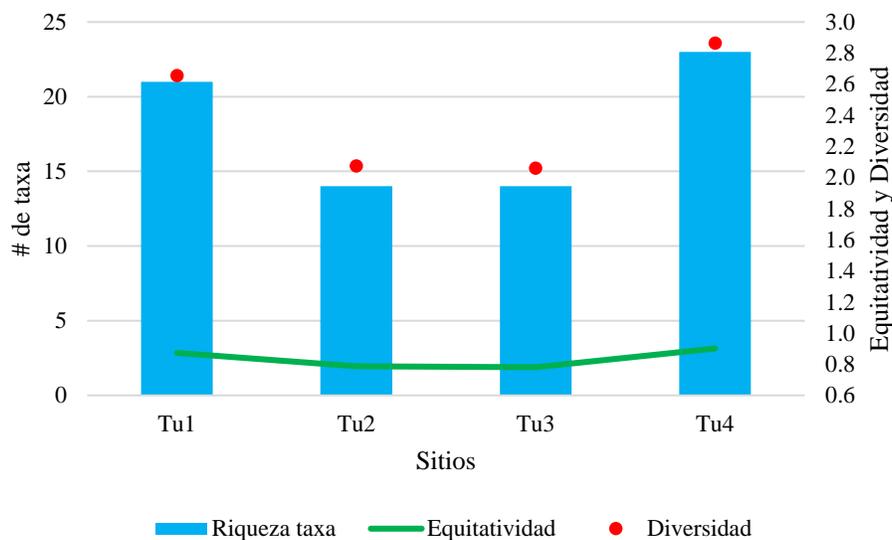


FIGURA 99. Índices de riqueza específica de especies (S'), índice de equitatividad de Pielou (J') y de diversidad de Shannon-Wiener (H') en los sitios monitoreados en la cuenca El Tuito, Jalisco.

En la Tabla 28 se muestran los 40 taxa con abundancias relativas donde se registraron 8 taxa raros con menos del 1% de abundancia relativa y únicamente presentes en un sitio de colecta; algunos coleópteros de las familias Dytiscidae y Gyrinidae, hemípteros de las familias Naucoridae, Gerridae y Nepidae, una polilla de la familia Crambidae, un efemeróptero de la familia Leptophlebiidae y la subclase Acari.

TABLA 28. Distribución y abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos en la cuenca El Tuito, Jalisco.

Taxa	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
Acari [Subclase]				0.8
<i>Baetodes</i> sp.				7.7
<i>Camelobaetidius</i> sp.				2.3
<i>Centroptilum</i> sp.	8.4	28.3	31.7	6.9
Belostomatidae	1.2			1.5
<i>Phylloicus</i> sp.	3.6			
Chironomidae	4.8	3.3		6.2
<i>Argia</i> sp.		1.7		0.8
<i>Corydalus</i> sp.			2.2	

Taxa	Tu1	Tu2	Tu3	Tu4
<i>Petrophila</i> sp.				1.5
Culicidae	2.4			
Dugesiiidae	6.0	1.7	1.4	4.6
Dytiscidae				0.8
Elmidae	1.2	1.7		4.6
<i>Gelastocoris</i> sp.		1.7		
<i>Gerris</i> sp.	1.2			
<i>Trepobates</i> sp.	4.8			
<i>Ophiogomphus</i> sp.			4.3	
<i>Progomphus</i> sp.		1.7	6.5	
<i>Dineutus</i> sp.	1.2			
<i>Epeorus</i> sp.				3.8
Hirudinidae	6.0			
<i>Atopsyche</i> sp.				2.3
<i>Leptonema</i> sp.			1.4	1.5
<i>Smicridea</i> sp.	21.7	6.7		3.8
<i>Leptohyphes</i> sp.	2.4	16.7	4.3	12.3
<i>Terpides</i> sp.	1.2			
<i>Thraulodes</i> sp.			7.2	15.4
<i>Paltothemis</i> sp.	1.2	1.7	7.9	1.5
<i>Cryphocricos</i> sp.	1.2			
<i>Limnocoris</i> sp.		1.7	25.2	5.4
Nepidae			1.4	
Notonectidae	7.2			
<i>Anacroneuria</i> sp.	4.8		2.9	
<i>Hansonoperla</i> sp.				5.4
<i>Chimarra</i> sp.	3.6	18.3		2.3
Simuliidae	13.3			3.1
Tabanidae		1.7	2.2	0.8
<i>Microvelia</i> sp.		13.3		
<i>Rhagovelia</i> sp.	2.4		1.4	4.6

El índice BMWP/Col se calculó con 31 familias, con excepción de las familias Crambidae, Dugesiidae, Heptageniidae, Hirudinidae y Acari. Como se observa en la Tabla 29, Tu1 y Tu4 obtuvieron la categoría más alta de calidad de agua mientras que Tu2 y Tu3 obtuvieron una categoría de calidad aceptable, estos resultados están relacionados a la diferencia de riqueza de *taxa* ya que siguen el mismo comportamiento que en la Fig. 99. Los sitios con mejor calidad obtuvieron un mejor puntaje debido a la presencia de familias indicadoras de buena calidad como Perlidae, Leptophlebiidae y Philopotamidae, mientras que las puntuaciones de Tu2 y Tu3 se vieron afectadas por la presencia de varias familias tolerante a contaminación como Gelastocoridae, Nepidae y Tabanidae.

TABLA 29. Puntajes y categorías del índice BMWP/Col en la cuenca El Tuito.

Sitio	BMWP/Col	Categoría	Sitio	BMWP/Col	Categoría
Tu1	127	Buena	Tu3	87	Aceptable
Tu2	86	Aceptable	Tu4	121	Buena

Una vez calculado de índice ASTP (Fig. 100) categorizó a todos los sitios con una calidad excelente de agua debido a las altas abundancias de familias indicadoras de buena calidad, aun cuando Tu estuvo afectado por la hidromorfología y la calidad del bosque de ribera. En la figura 101 se presenta un resumen de los valores del índice ASTP en los 34 sitios monitoreados en las cinco cuencas.

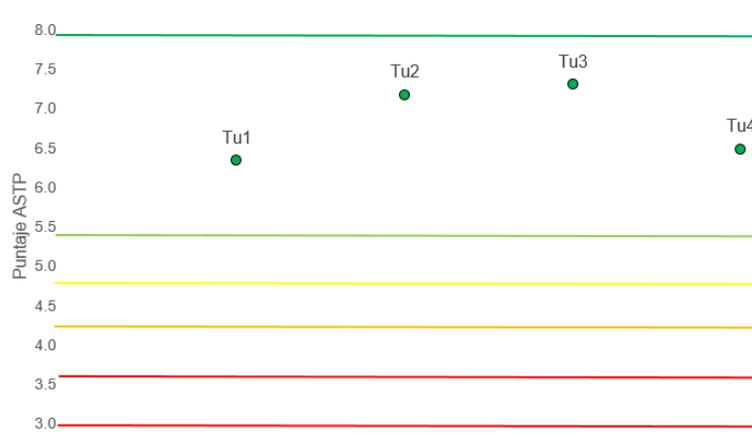


FIGURA 100. Valores del índice ASTP calculado para los sitios monitoreados en la cuenca El Tuito, Jalisco.

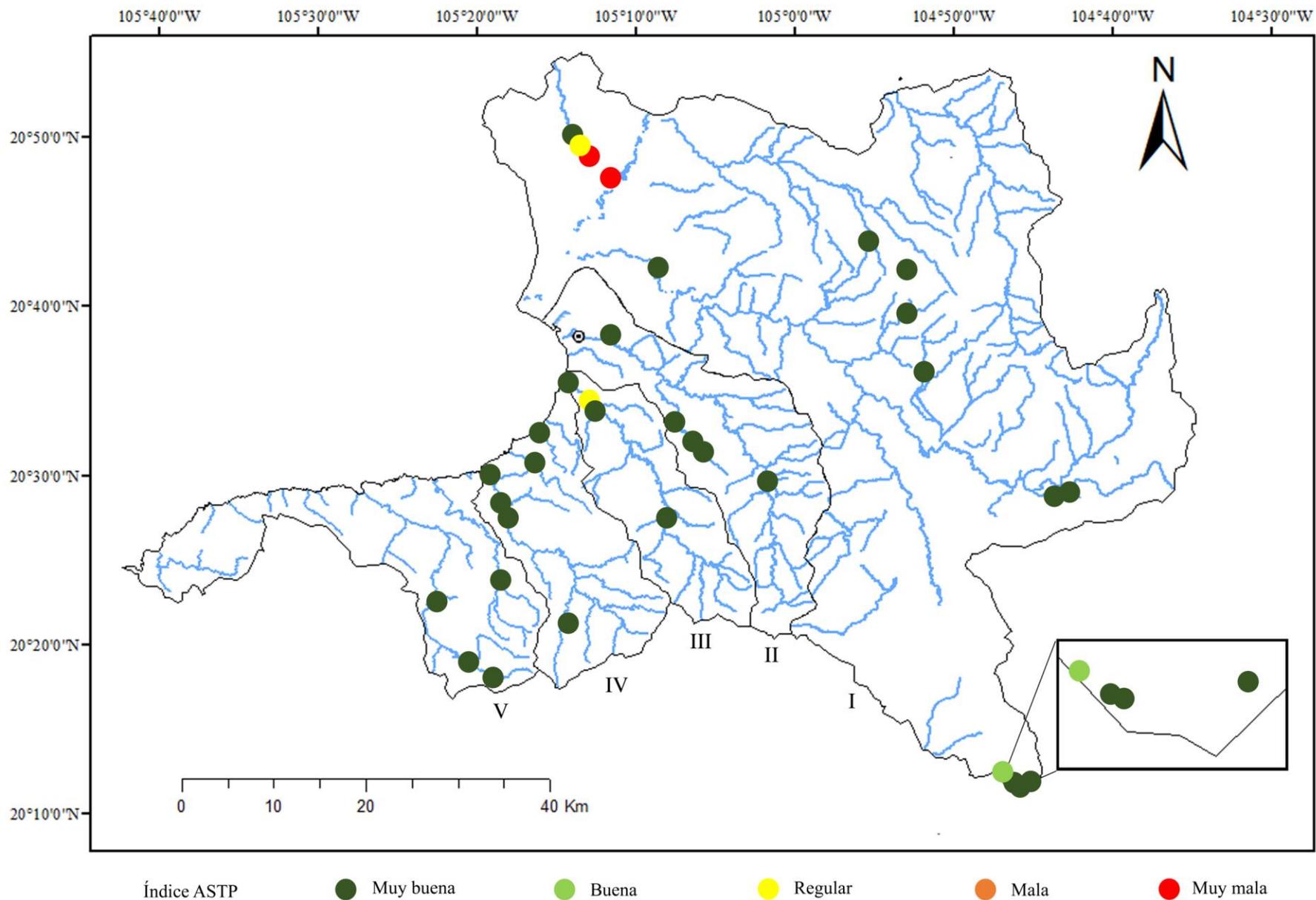


FIGURA 101. Resultados del índice de macroinvertebrados bentónicos ASTP calculado durante la temporada de secas en los 34 sitios monitoreados de las cuencas I Ameca-Mascota, II Pitilla, III Cuale, IV Las Juntas y V El Tuito, que abastecen a Puerto Vallarta, Jalisco.

5 Conclusiones preliminares

Los resultados del presente estudio contribuyen a la construcción de una línea base de información ambiental y biológica en las cuencas Ameca-Mascota, Pitillal, Cuale, Las Juntas y El Tuito, Jalisco.

El análisis de parámetros físico-químicos, biológicos y paisajísticos en temporada de secas permitió obtener un panorama preliminar de la calidad ambiental en las 5 cuencas y reconocer cómo los distintos indicadores responden a la diversidad de intervenciones humanas en la región.

Los parámetros físico-químicos, particularmente la cantidad de nutrientes, conductividad, presencia/ ausencia de bacterias coliformes totales y temperatura, permitieron distinguir los sitios con mejor calidad del agua (preponderantemente en las partes altas de las cuencas) de aquellos con indicios de una degradación, asociada principalmente con las actividades agrícolas y ganaderas.

El caudal incrementó de manera natural hacia las partes bajas de las cuencas; sin embargo, en Pitillal y Cuale existió una disminución importante de la cantidad de agua en comparación con los sitios inmediatos cuenca arriba, al punto de secarse por completo.

Respecto a los indicadores paisajísticos, la mayor parte de los sitios presentó una calidad muy buena y buena, tanto para calidad hidromorfológica como de vegetación de ribera. Las mayores perturbaciones se registraron en las partes bajas de las cuencas, asociadas con represamientos, la presencia de asentamientos humanos en los márgenes de los ríos y el impacto de las actividades agrícolas y pecuarias.

En cuanto a los bioindicadores, los ensambles de diatomeas reflejaron una alteración en el estado trófico de los ríos en las partes bajas de las cuencas debido al incremento en la cantidad de nutrientes; sin embargo, también evidenciaron problemas aún en las partes altas de la cuenca.

Las comunidades de macrófitas permitieron reconocer sitios en muy buen estado de conservación en las partes altas, en donde no solamente la calidad del agua era buena, sino también la cobertura vegetal. Además, reflejaron cambios en el flujo de agua (debido a la temporada de secas o a la extracción) y en el incremento de nutrientes en las zonas de cultivos.

Finalmente, las comunidades de macroinvertebrados acuáticos respondieron al grado de conservación o degradación de los elementos paisajísticos, particularmente la cantidad y calidad de sustratos naturales en el lecho de los ríos, además de responder al incremento en la materia orgánica.

De manera general, las cuencas Las Juntas y Cuale presentan los mejores estados de conservación en las partes altas y medias, en donde todos los parámetros indicaron que los ecosistemas conservan su buena estructura y funcionamiento. En la cuenca Ameca-Mascota se registraron ecosistemas sanos en las partes altas cercanas a los nacimientos; sin embargo, las actividades agrícolas y ganaderas en la parte media impactaron la estructura y funcionamiento del ecosistema, ésto fue más evidente en la zona baja (Huichichila) en donde las actividades agrícolas impactaron a todos los parámetros evaluados.

La cuenca Pitillal se encontró impactada por la deforestación y el cambio de uso de suelo forestal a ganadero en la parte más alta, y aunque los indicadores reflejan un estado de conservación adecuado, es probable que las repercusiones en el funcionamiento del ecosistema se presenten en la época de lluvias debido al alto nivel de erosión resultado de la remoción de la cobertura vegetal. Por último, la cuenca El Tuito se encuentra considerablemente comprometida en su calidad ecológica, desde las partes altas, en donde el centro de población y las actividades agrícolas impactan en el funcionamiento del ecosistema.

6 Recomendaciones

- Para poder caracterizar de manera adecuada la salud de las cuencas se requiere el monitoreo en temporada de lluvias, de modo que se tenga representado un ciclo hidrológico completo.
- El uso de índices biológicos que no han sido diseñados o adaptados para las condiciones de la región permiten generar una interpretación muy general de los procesos o perturbaciones que afectan a estos sistemas acuáticos; sin embargo, el ideal es generar estas herramientas para obtener resultados que reflejen de mejor manera las características de los sitios.

7 Referencias

- Alonso A. y Camargo J.A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los Ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 14(3): 87-99.
- Álvarez-Arango, L.F. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Budd, G.C., & Pizzola, P. (2008). *Ulva intestinalis*. Gut weed.
- Carmona-Jiménez, J., Caro-Borrero, A.P., Salinas-Camarillo, V.H., & Caro-Borrero, E.M. (2021). *Calidad ecológica en ríos de la Cuenca de México. Protocolos de evaluación y monitoreo biológico e hidromorfológico*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Ciudad de México, México.
- Carrera R.C. y Fierro P.K. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia. Quito.
- Chicas, J.M.S., Pérez, D., Aguillón, S.M.M., Cervantes, L.S., Flores, A.W.R., Urias, A.J.M., y Springer, M. (2010). *Metodología estandarizada de muestreo multi-habitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador*. Editorial Universitaria UES.
- Codd, G.A., Morrison, L.F., & Metcalf, J.S. (2005). Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicology and applied pharmacology*, 203(3): 264-272.
- Domínguez, E. y Fernández, H.R. (Eds). (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Douterelo, I., Perona, E., & Mateo, P. (2004). Use of cyanobacteria to assess water quality in running waters. *Environmental pollution*, 127(3): 377-384.
- El-Sheekh, M.M. (2017). Impact of water quality on ecosystems of the Nile River. *The Nile River*, 357-385.
- European Commission (EC). (2000). Directive 2000/60/ EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L 327, 22/12/2000, 1-73.
- Fernández-Aláez, C., Fernández-Aláez, M., Santiago, N.F., & Aboal, M. (2012). *ID-tax. Catálogo y claves de identificación de organismos del grupo macrófitos utilizados como elementos de calidad en las redes de control de estado ecológico*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain.
- Forero, L.C., Longo, M., Ramírez, J.J. & Chalar, G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62: 233-247.
- Hanson, P., Springer, M., y Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de Macroinvertebrados Acuáticos. (Vol. 1). *Rev. Biol. Trop.* 58 (4): 3-37.

- Joska, M.A. & Bolton, J.J. (1995). *Guide to common filamentous freshwater macroalgae in South Africa*. Water Research Commission.
- Kelly, M.G., Adams, C., Graves, A.C., Jamieson, J., Krokowski, J., Lycett, E.B., Murray-Bligh, J., Pritchard, S. & Wilkins, C. (2001). *The Trophic Diatom Index: A User's Manual*. Revised edition. Environmental Agency, Bristol, UK.
- Necchi, O., Branco, J.L.Z., & Branco, C.C.Z. (1995). Comparison of three techniques for estimating periphyton abundance in bedrock streams. *Arch. Hydrobiol.* 134(3): 393-402.
- Necchi, O., Dip, M.R. & Goes, R.M. (1991). Macroalgae of a stream in southeastern Brazil composition, seasonal variation and relation to physical and chemical variables. *Hydrobiologia*, 213: 241-50.
- Reyes-Ortega, M.I. (2010). *Dispersión, germinación y cobertura de dos especies de Marathrum (Podostemaceae) que crecen en ríos tropicales de fuerte corriente, en el Estado de Jalisco*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.
- Rodríguez-Flores, R., & Carmona-Jiménez, J. (2018). Ecology and distribution of macroscopic algae communities in streams from the Basin of Mexico. *Botanical Sciences*, 96(1): 63-75.
- Rosas-Acevedo, J.L., Ávila-Pérez, H., Sánchez-Infante, A., Rosas-Acevedo, A.Y., García-Ibáñez, S., Sampedro-Rosas, L., ... & Juárez-López, A.L. (2014). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2): 82-88.
- Vásquez, C., Calva, J., Morocho, R., Donoso, D.A. & Benítez, Á. (2019). Bryophyte communities along a tropical urban river respond to heavy metal and arsenic pollution. *Water*, 11(4): 813.
- Zelinka, M. & Marvan, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57 (3): 389-407.
- Zulkify, S.B., Graham, J.M., Young, E.B., Mayer, R.J., Piotrowski, M.J., Smith, I. & Graham, L.E. (2013). The genus *Cladophora* Kützing (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer. *Journal of Phycology*, 49(1): 1-17.

