Reporte de actividades de los levantamientos en campo del sismo del 23 de junio de 2020 (M 7.4) llevado a cabo por profesores y técnicos de la UMAR campus Puerto Ángel

Dra. Ericka Alinne Solano, M. en C. Bárbara Zavala Trujillo, MAIA. Eduardo Ramirez Chavez, M. en C. Alfonso Cervantes, Biól. Luis José Ortíz Martínez, M. en C. Gerardo Leyte Morales, M. en C. Luz María Hernández Ballesteros, Dr. Francisco Benítez Villalobos, Dr. Miguel Ángel AHumada Sempoal, Biol. Mar. Oscar Illescas Espinoza, Pas Biol Mar. Israel Reyes González.

Resumen ejecutivo.

Debido al sismo del 23 de junio de 2020 de magnitud 7.4 ocurrido a las 10:29 am con epicentro cercano al poblado de La Crucecita, un equipo multidisciplinario de la Universidad del Mar (UMAR) campus Puerto Ángel hizo una prospección en tierra y mar, para recabar información geológica y biológica después de ocurrido el temblor.

La etapa de confinamiento y el cierre de playas debido a la pandemia del COVID-19, permitieron que muchas de las evidencias geológicas permanecieran intactas por días y se pudieran registrar. Se hicieron reconocimientos visuales, por tierra, por aire con vehículos aéreos no tripulados (drones), y por mar en lancha, en playas y poblaciones costeras. De las evidencias geológicas observadas hubo desgajamiento de cerros, agrietamiento de sedimentos no consolidados, caída de fragmentos de roca y licuefacción expresada en forma de volcán de arena en la rivera del Río Copalita. Tanto el agrietamiento de sedimentos no consolidados como la licuefacción observados en riveras y desembocaduras de ríos, no se ha considerado como riesgo por sismo en estas zonas. Adicionalmente se hizo un levantamiento topográfico con GPS diferencial en el muelle de cruceros de Santa Cruz Huatulco para comparar las lecturas antes y después del sismo para corroborar el levantamiento sufrido por la corteza continental durante el sismo, sin embargo, los resultados no son concluyentes. También se compararon los modelos digitales de elevación (MDE) obtenidos con sobrevuelos de dron con el mismo patrón de vuelo y método de generación de MDE y ortomosaicos en las playas de San Agustín, La Entrega y Violín en 2019. Los resultados muestran desplazamiento horizontal de 49 cm para La Entrega, 34 cm para Violín y 43 cm para San Agustín, en dirección NE.

En cuanto a los efectos biológicos, se hizo una prospección el 17 de julio donde se visitaron 10 arrecifes localizados en la línea de costa. Entre los daños destacan grandes grietas en los arrecifes que atraviesan los corales vivos y afectan el sustrato calcáreo, bloques caídos de distintos tamaños que van desde 1 metro hasta 9 metros de largo y 2 de ancho, colapso de cuevas coralinas donde el techo se desplomó provocando que desde la superficie se apreciaran estructuras de tipo cráter. Se pudo medir el levantamiento de los arrecifes provocado por el sismo siendo de aproximadamente 60 centímetros. El levantamiento provocó que una parte del arrecife quedara emergido. La exposición prolongada de estos corales al aire y a la desecación los ha matado siendo su esqueleto colonizado por algas verdes filamentosas. Finalmente el análisis numérico indica que los daños no afectaron de la misma manera a todos los arrecifes ya que La Entrega e Isla Montosa fueron los más afectados al estar ubicados en las cercanías del epicentro.

Gracias a la participación de la comunidad fue posible tener un primer reporte de los daños geológicos y biológicos, prueba de ello son algunas de las fotografías que se tienen en redes sociales y de primera mano en los lugares visitados. En algunos lugares aprovechamos estos momentos de incertidumbre mediática y vacío de información, para fomentar la cultura científica y el acercamiento a la Universidad mediante charlas informativas informales en los distintos lugares visitados.

Dentro de las recomendaciones a corto y mediano plazo son: salidas a campo para poder evaluar y cuantificar de manera más precisa los daños producidos por el sismo y poder determinar los posibles efectos a mediano y largo plazo de resiliencia de estructuras en mar. Adicionalmente, se observó una

gran cantidad de fragmentos vivos de arrecife que pueden ser usados para restauración de los mismos, y la UMAR podría formar un vivero aprovechando esos fragmentos para comenzar la restauración de los arrecifes. De las experiencias anteriores de sismos como el del 2 de febrero de 1998 en Puerto Ángel y el del 23 de junio, se recomienda formar un grupo de trabajo que responda de manera inmediata en la revisión de daños producidos después de sismos de gran magnitud, escribiendo los protocolos de actuación de interés científico en caso de sismo, huracán, inundación, deslaves, etc; para fomentar y hacer más eficiente la participación multidisciplinaria, tanto de vicerrectorías, profesores, técnicos y personal administrativo.

Cronología de actividades en campo y resultados

Fecha	Localidad	Personal	Prospección y actividad	Resultados
23-jun-20	Playa Ventanilla	Dra. Ericka Alinne Solano, M. en C. Bárbara Zavala	*Geológica:* agrietamiento de sedimentos no consolidados en la playa, sin efectos de tsunami	Identificación de agrietamiento en la zona de inundación de canal de 2015.
26-jun-20	Coatunalco y barra Bajos de Coyula	Dra. Ericka Alinne Solano	*Geológica:* agrietamiento de sedimentos no consolidados en desembocadura de río y playa	Identificación de agrietamiento en la zona de paradero de lanchas en rivera de río.
28-jun-20	San Miguel del Puerto	Dra. Ericka Alinne Solano	*Geológica:* desgajamientos de cerros (vírgenes) y caída de fragmentos de roca	Identificación de deslave desde cima hasta río, donde no hay corte carretero.
02-jul-20	Santa Cruz Huatulco (Crucecita y Muelle de cruceros)	Dra. Ericka Alinne Solano, M. en C. Bárbara Zavala, M. en C. Alfonso Cervantes	*Visual:* efectos de sitio ocasionados por sismo	Daños en estructuras civiles por cabeceo, desprendimiento de mampostería, acortamiento, grietas en paredes.
02-jul-20	Playas San Agustín, La Entrega y Violín	Biol. Luis José Ortíz, MAIA. Eduardo Ramírez, Dr.	*Aérea con drones:* levantamiento cosísmico de la corteza continental mediante sobrevuelo con vehículos aéreos no	Georreferenciación de ortofotos obtenidas con dron y estimación de

		Miguel Ángel Ahumada.	tripulados	movimiento o levantamiento de corteza continental acorde con información de imágenes de satélite (INSAR).
02-jul-20	Playa Bocana y desembocadura Río Copalita	Dra. Ericka Alinne Solano, M. en C. Bárbara Zavala, M. en C. Alfonso Cervantes	*Geológica:* agrietamiento de sedimentos no consolidados recolección de evidencias de procesos de licuefacción	Identificación de agrietamiento en en rivera de río y manifestación de licuefacción (volcán de arena) esperada, en la zona más cercana al epicentro.
02-jul-20	Santa Cruz Huatulco (Muelle de cruceros)	M. en C. Alfonso Cervantes	*Topográfica:* Levantamiento topográfico con GPS diferencial	*No concluyente. Falta un levantamiento de campo extenso en perfil para observar variaciones de elevación topográfica.*
17-jul-20	Desde playa San Agustín hasta Isla Montosa	M. en C. Gerardo Leyte Morales, M. en C. Luz María Hernández Ballesteros, Dr. Francisco Benítez Villalobos, Biol. Mar. Oscar Illescas Espinoza, Pas Biol Mar. Israel Reyes González	*Biológica:* agrietamiento y rompimiento de arrecifes coralinos; levantamiento y emersión de arrecifes	En todos los arrecifes visitados se detectaron grietas de tamaño variable (cm), bloques separados de matriz arrecifal y arrecife emergido con coral muerto por exposición prolongada (alta irradiación solar, temperatura y desecación) y el esqueleto expuesto ha sido cubierto por algas filamentosas.

Sismicidad en la zona costera entre Pochutla - Huatulco

La actividad sísmica en la zona de la costa entre Puerto Ángel y Huatulco para el periodo 2015-2019, tenía una actividad sísmica relativamente baja de 728 sismos en 5 años (circunferencia de 35 km de radio con centro en las coordenadas 15.6° latitud N y 96.2° longitud W). Para el año 2020 la sismicidad se incrementó después del sismo del 23 de junio debido a las réplicas del mismo. Sin embargo, se espera un descenso gradual del número de temblores (réplicas) por día como de su magnitud.

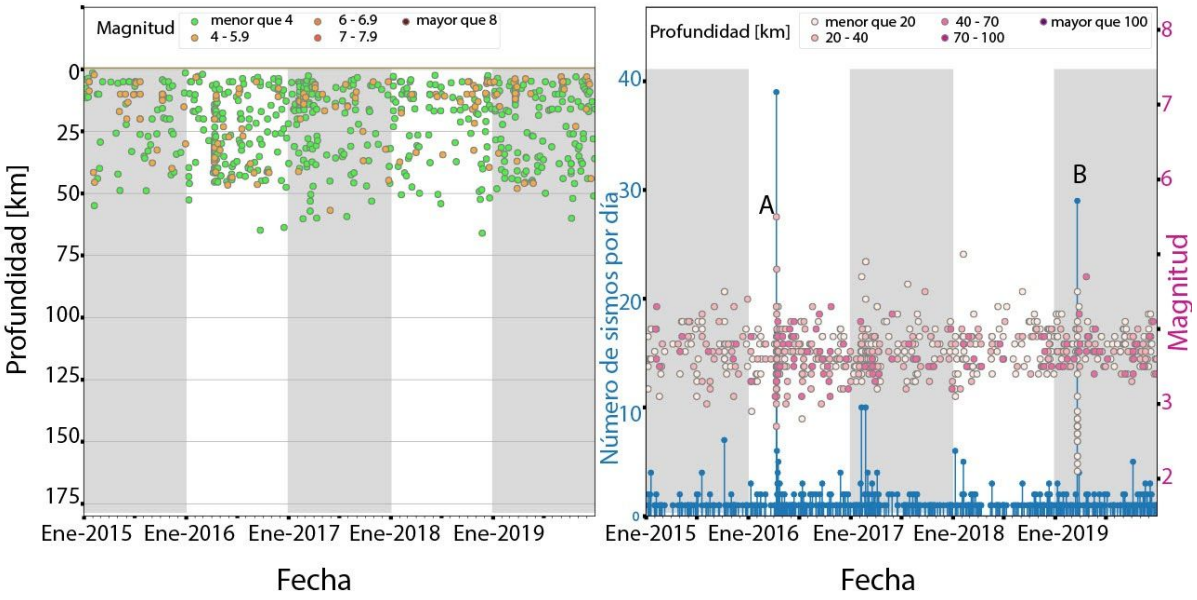

Figura 1. *Sismos por día y profundidad, por día y magnitud y número de eventos en Pochutla - Huatulco de 2015-2019. (A) Sismo del 10 de abril de 2016 (M 5.5) cercano a la costa en el municipio de San Pedro Pochutla, se registraron más de 35 réplicas el mismo día, la mayor de magnitud 4.3. (B) Enjambre sísmico iniciado el 21 de marzo cerca de Huatulco. 42 sismos de acuerdo al reporte del SSN (UNAM 2019) con magnitudes entre 1.9 y 4.4.*

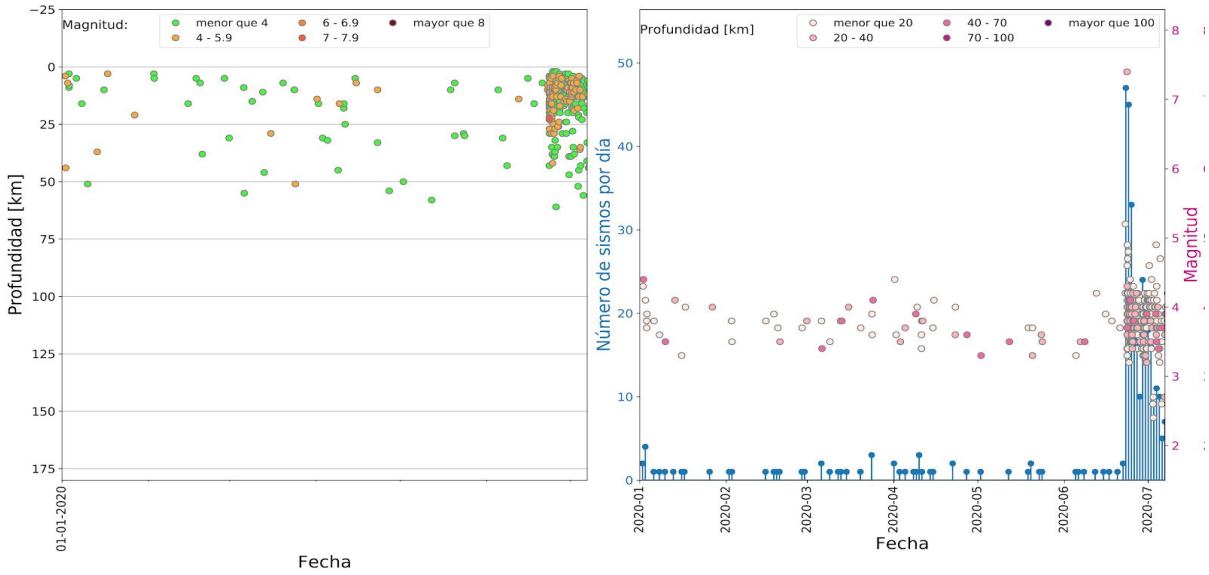

Figura 2. *Sismos por día (tiempo local), magnitud, número de eventos por día en Pochutla - Huatulco para el periodo de enero a julio de 2020.*

Mapas de levantamientos de efectos geológicos y biológicos en junio y julio

Figura 3. *Mapa de localidades visitadas en el levantamiento de efectos geológicos entre el 23 de junio y 2 de julio.*

Figura 4. *Mapa del levantamiento en lancha para reconocimiento de efectos biológicos del 17 de julio.*

Anexo fotográfico

Figura 5. *Desgajamiento de cerro rumbo a San Miguel del Puerto. (Créditos: Ericka Alinne Solano).*

Figura 6. *Agrietamientos en rivera de río en Bajos de Coyula (Créditos: Sr. Mauricio, pescador).*

Figura 7. *Agrietamientos de sedimentos no consolidados en playa Ventanilla (longitud aproximada 200m). (Créditos: Ericka Alinne Solano).*

Figura 8. *Agrietamientos en la desembocadura del Río Copalita (coordenadas 15.78819 N y 96.04955 W). (Créditos: Ericka Alinne Solano).*

Figura 9. *Volcán de arena en desembocadura del río Copalita (Créditos: Bárbara Zavala Trujillo).*

Figura 10. *Lineamiento blanquecino de ostiones observado en pilotes de muelle de cruceros (Créditos: Bárbara Zavala).*

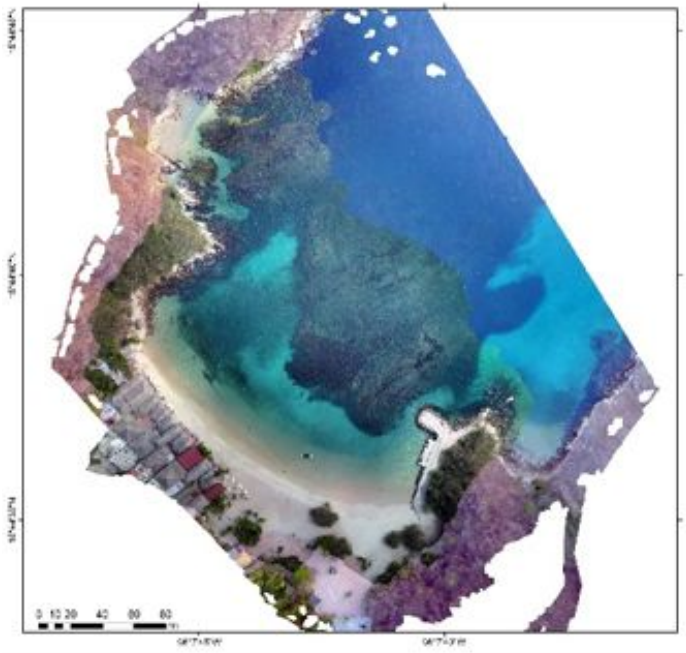

Figura 11. *Superposición de ortofotos generadas con sobrevuelos de dron de playa la Entrega 2019 (zonas áridas) 2020 (zonas verdes). Desplazamiento calculado después de georeferenciación en ArcMap de 0.49 m al NE.*

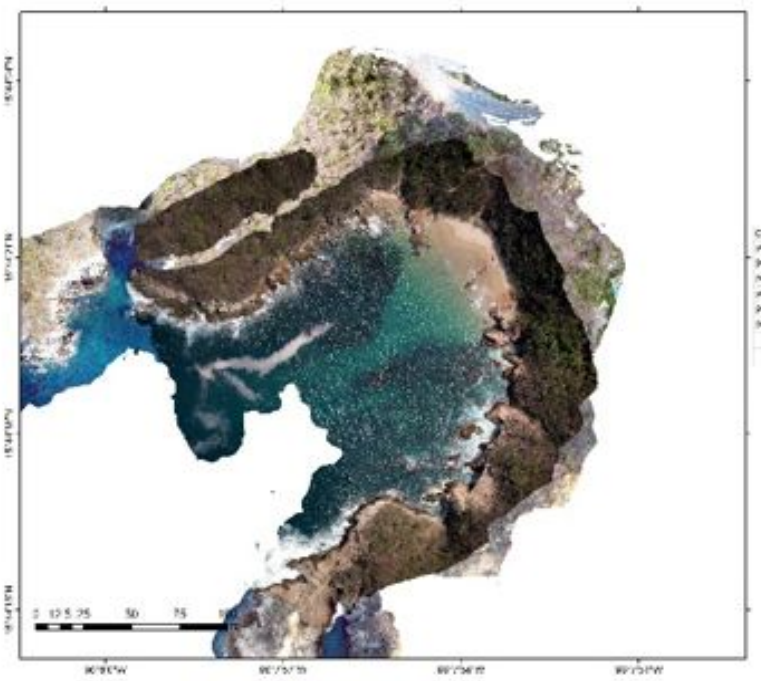

Figura 12. *Superposición de ortofotos generadas con sobrevuelos de dron de playa el Violín 2019 (zonas áridas) 2020 (zonas verdes). Desplazamiento calculado después de georeferenciación en ArcMap de 0.34 m al NE.*

Figura 13. *Superposición de ortofotos generadas con sobrevuelos de dron de playa San Agustín 2019 (zonas áridas) 2020 (superpuesta). Desplazamiento calculado después de georeferenciación en ArcMap de 0.43 m al NE.*

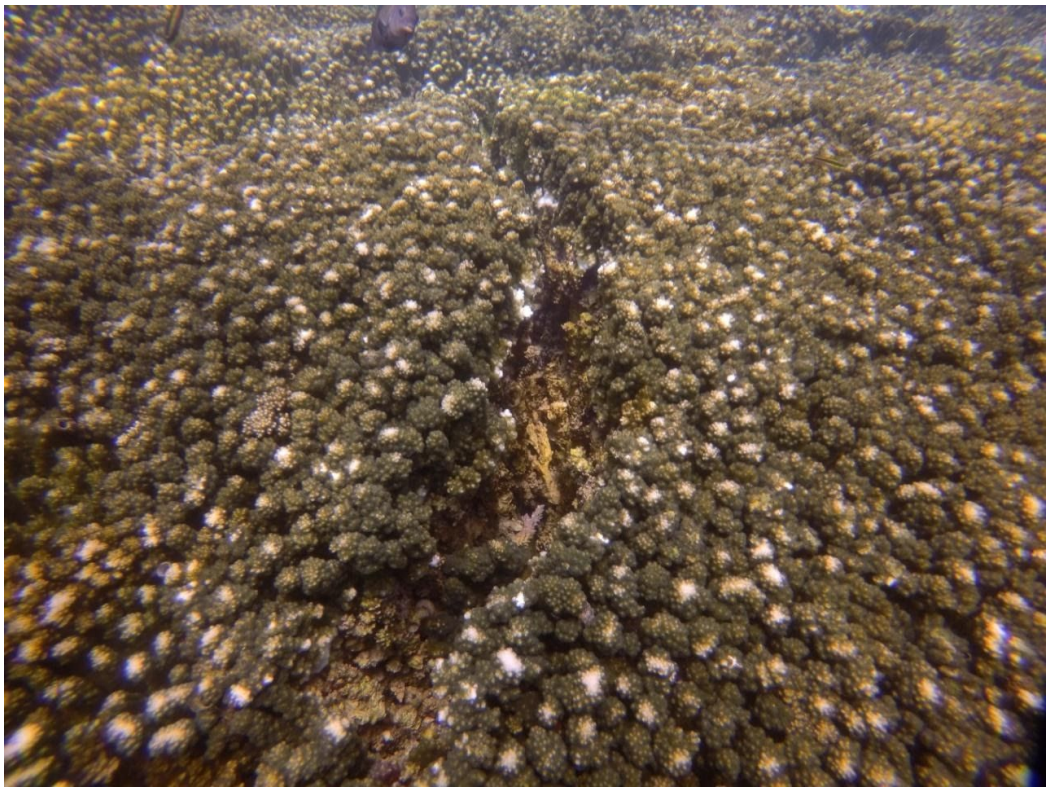

Figura 14. *Grieta de 10 cm de ancho con fragmentos en su interior en playa Maguey (Créditos: Gerardo Leyte)* **.**

Figura 15. *Fragmentos de coral en la fractura coralina. Contiene puntas vivas y el color verde son algas filamentosas en playa La Entrega. (Créditos: Israel Reyes).*

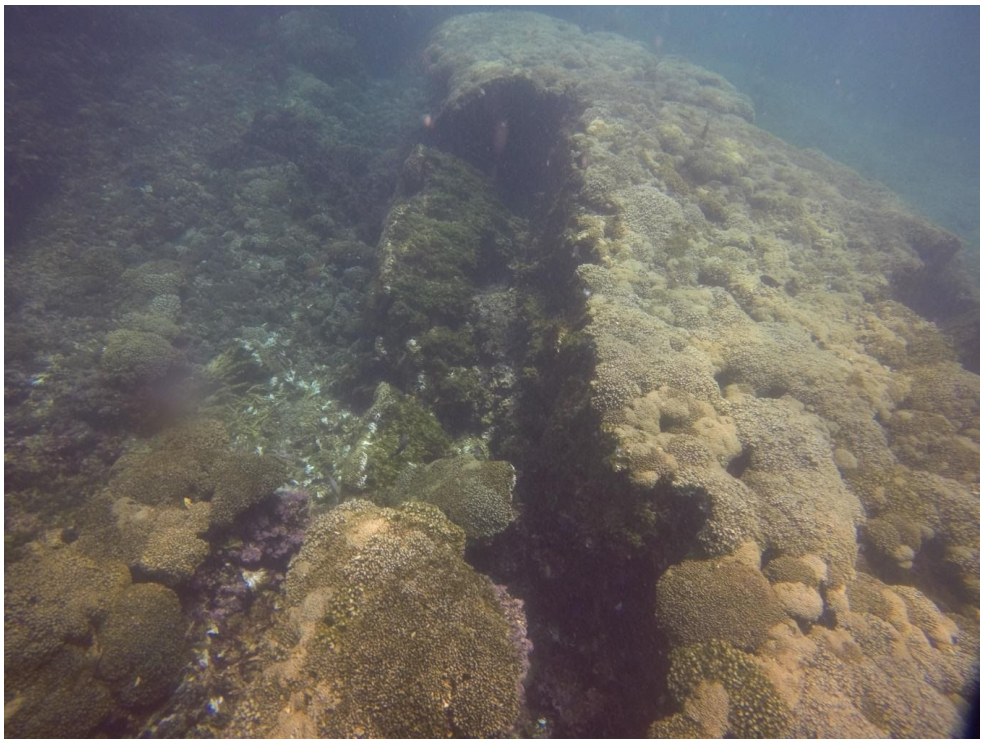

Figura 16. *Bloque desprendido con la matriz arrecifal girado 90 grados. Medidas aproximadas: 9 m de largo por 2 m de ancho en playa La Entrega.(Créditos: Gerardo Leyte).*

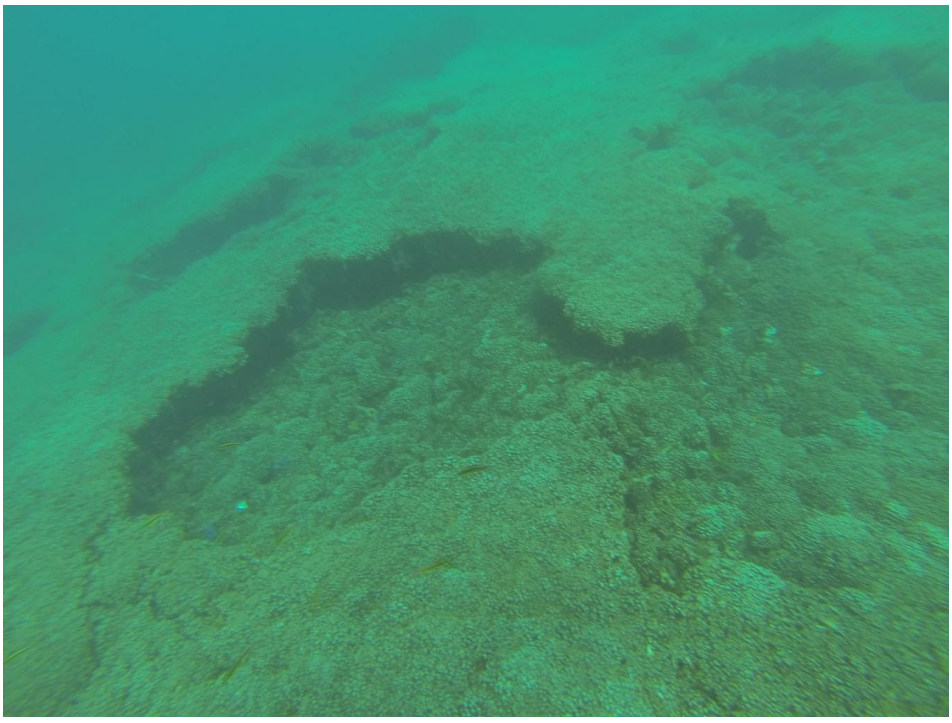

Figura 17. *Oquedades tipo cráter en la superficie de la plancha de coral. El centro está hundido en relación con el área adyacente en playa La Entrega. (Créditos: Oscar Illescas).*

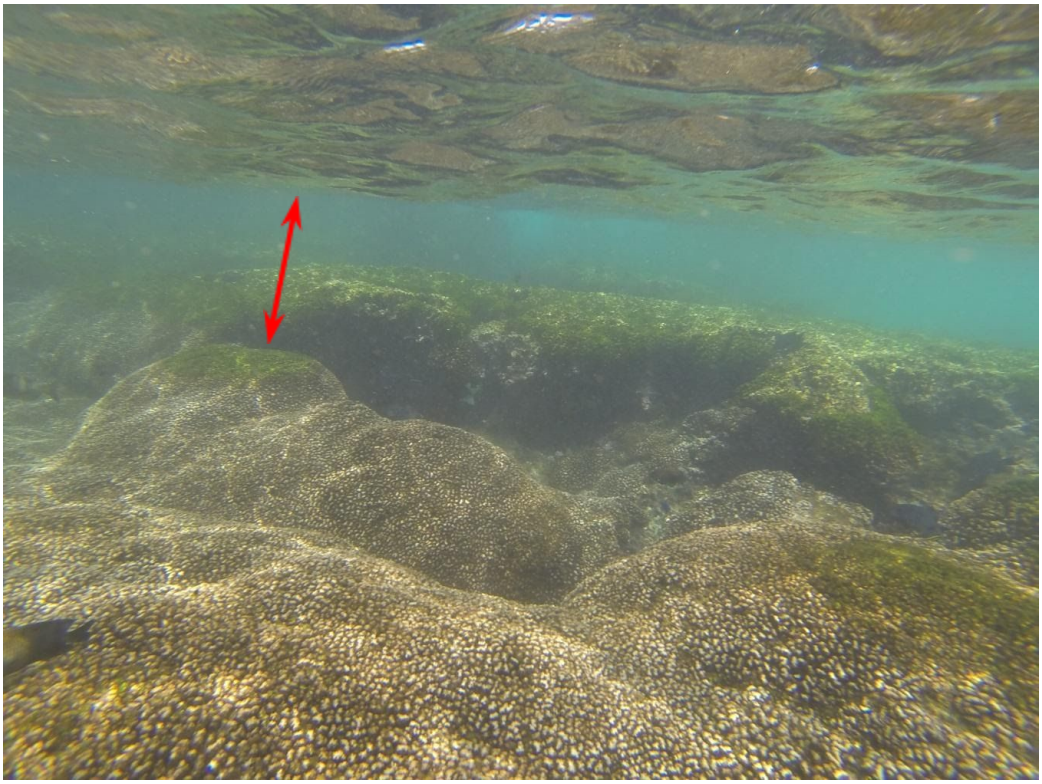

Figura 18. *Zona somera del arrecife que quedó emergido. La línea verde indica donde los corales han muerto y su esqueleto es colonizado por algas verdes filamentosas. Fotografía tomada durante la marea alta en Isla Montosa. (Crédito: Oscar Illescas)*

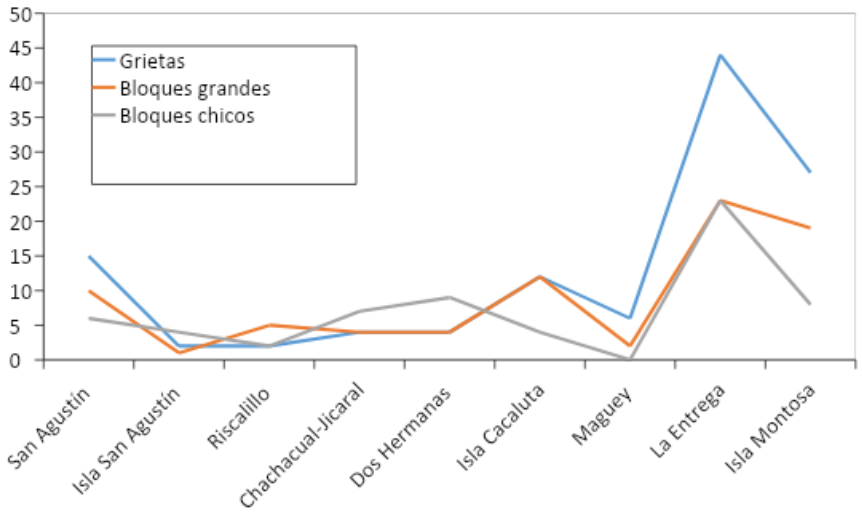

Figura 19. *Variación espacial en el número de grietas y bloques en los arrecifes de Huatulco. Los del extremo derecho (La Entrega e Isla Montosa) son los más cercanos al epicentro. Las localidades están ubicadas en un gradiente Oeste-Este.*