

Sesión Especial

EL SISMO DE BAJA CALIFORNIA (MW 7.2) DEL 4 DE ABRIL DE 2010

Organizadores:

Víctor Wong Ortega
Luis Munguia Orozco

SE05-1

SURFACE RUPTURES ASSOCIATED WITH THE EL MAYOR-CUCAPAH EARTHQUAKE SEQUENCE

Fletcher John¹, Rockwell Tom², Teran Orlando¹, Masana Eulalia³, Faneros Geoff², Hudnut Ken⁴, González Javier¹, González Alejandro¹, Spelz Ronald¹, Mueller Karl⁵, Chung Ling-ho⁵, Akciz Sinan⁶, Galetzka John⁷, Stock Joann⁷ y Scharer Kate⁷

¹CICESE²SDSU³U. de Barcelona⁴USGS⁵U. de Colorado⁶U. de California, Irvine⁷Cal. Tech.

jfletche@cicese.mx

Surface rupture associated with the April 4, 2010 El Mayor-Borrego earthquake extends ~100 km from the northern tip of the Gulf of California to the international border and comprises two distinct geomorphologic and structural domains. The rupture is complex, with breaks along multiple fault strands, including minor re-rupture of the scarps associated with the 1892 Laguna Salada earthquake and several other older events. The southern half of the rupture consists of a zone of distributed fracturing and liquifaction cuts across the Colorado River delta. Individual fractures vary widely in orientation and have relatively short strike lengths of the order of hundreds of meters. The zone itself may be related to faults that bound the eastern margin of the Sierra El Mayor, but field relationships are unclear, and the zone of more intense fracturing diverges significantly from the mountain front toward the south. The northern half of the rupture propagated 55 km through an imbricate stack of east-dipping faults in the the Sierra Cucapah. In the southern Sierra Cucapah, rupture extends 20 km along the Laguna Salada and Pescadores faults and reached a maximum displacement of ~ 250 cm of right-lateral strike-slip. The amount of dip slip is variable and changes polarity along strike along the Laguna Salada Fault before becoming predominantly east-down with maximum offsets of 150 cm along the Pescadores Fault. This ruptured terminates in the high elevations of the sierra and jumps nearly 10 km north in a left stepover to the Borrego fault. Additionally the Laguna Salada fault rebroke with minor (10-30 cm) dip slip along a segment that is adjacent to the primary Borrego rupture. Maximum measured displacement along the Borrego fault in Borrego Valley was about 3.1 m of strike slip and another 2 m of down-to-the-east dip slip on a nearly vertical fault, yielding oblique slip of nearly 4 m. A low-angle detachment intersects the footwall of the central portion of the Borrego fault at a segment boundary, and rupture bifurcates with a splay that follows the trace of the detachment in a more westerly direction. Over the next 6 km to the north, rupture steps left across a 2km wide zone before finally consolidating on a fault that we have named the Paso Superior Fault and extends ~10 km to the north. The Paso Superior is well-exposed at Highway 2, where it is clearly a low-angle detachment. Scarps near the fault trace accommodate dip slip and nearly twice as much strike-slip is spread across a 100-150 m wide zone of cracking and secondary faulting to the east.

Part of the complexity of the rupture can be attributed to interaction with detachment faults that allow the rupture to expand in the near surface. This rupture illustrates the complexity that can develop when a rupture propagates through a network of high- and-low angle faults that accommodate the three-dimensional strain of transensional plate margin shearing.

SE05-2

RASGOS GEOLÓGICOS Y DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS EN EL VALLE DE MEXICALI CAUSADOS POR EL TEMBLOR "EL MAYOR-CUCAPAH" M=7.2 DEL 4 DE ABRIL DE 2010

Suárez Vidal Francisco¹, Mendoza Borunda Ramón¹, Ramírez Hernández Jorge², Vázquez Hernández Sergio¹, Glowacka Ewa¹ y Mendoza Garcilazo Luis¹

¹CICESE²UABC

fsuarez@cicese.mx

Veinte cuatro horas después de la ocurrencia del sismo de M= 7.2 conocido como El Mayor-Cucapah el 4 de Abril de 2010 se visitó la región del Valle de Mexicali; el objetivo, obtener evidencias y documentar los rasgos geológicos generados por el sismo en la región del epicentro, así como en la mayor parte del valle, y los daños a estructuras civiles en poblados y zona cultivada. Estos fueron severos en la región cercana la epicentros (e.g. Ejido Sonora, Nayarit, Durango Oaxaca, Delta, poblados de Zacamoto, Cucapah Mestizo) y en menor escala en dirección noreste del epicentro. Los daños mayores se asocian al proceso de licuefacción y al fracturamiento de la red de canales y drenes del distrito de riego del Valle de Mexicali.

La combinación de la magnitud del temblor y la naturaleza del subsuelo somero (10 metros) constituido de arenas de grano fino y arcillas saturadas, provocó que los sedimentos se licuaran y fueran extruidos en forma de volcanes de arena, con grandes cantidades de agua, llegando a inundar poblados (Ejido

Nayarit y Zacamoto), así como grandes extensiones de terreno cultivado. El fracturamiento y deformación observada en la visita de campo, como en fotografías aéreas tomadas por INEGI días después de la ocurrencia del sismo, se distribuye mayormente paralelo a los canales y drenes, generando ruptura de estos, e igualmente afectando al sistema carretero que comunica a los diversos poblados en el valle. Las fracturas observadas se asocian a procesos extensivos y en algunos casos se observó fracturas con desplazamiento vertical del orden de centímetros. La orientación del fracturamiento se concentra en un abanico NNE-NNW.

La distribución de daños generados por el temblor del 4 de Abril es amplia, incluye zonas inundadas por ruptura de canales de irrigación y licuefacción. Zonas enterradas por arena y arcilla expulsadas por el mismo proceso de licuefacción. Más de 100 km del sistema de carreteras afectado y que comunican al valle. Más de 60,000 hectáreas de terreno cultivado con trigo, listo para ser cosechado. Líneas del tendido eléctrico en el valle afectadas y colapso parcial y total de casas y edificios en los poblados ejidales. Lo más importante 25,000 a 35,000 personas esperando su relocalización.

SE05-3

EL RELIEVE A LO LARGO DE LA FALLA EN LA SIERRA CUCAPÁ: UNA PERSPECTIVA POR LEVANTAMIENTOS LIDAR DE ANTES Y DESPUÉS DEL SISMO MW 7.2 DEL 4 DE ABRIL

Hinojosa Corona Alejandro¹, Oskin Michael², Gold Peter², Elliot Austin², Taylor Michael³, Herrs Andrew J.³, Aerosmith Ramon⁴ y Fletcher John¹

¹CICESE²UC Davis³University of Kansas⁴ASU

alhinc@cicese.mx

El temblor del 4 abril 2010 en el valle de Mexicali de magnitud 7.2 Mw, produjo rompimiento en superficie a lo largo de la falla. Por diferentes técnicas de percepción remota se ha reportado deformación importante en la zona. Al norte de la sierra Cucapá se generaron desplazamientos cercanos a los +2m en la vertical con caída de bloques mayoritariamente hacia el este con una componente lateral derecha menor. Se analiza el relieve del terreno antes y después del temblor por medio de levantamientos Lidar aéreos y terrestres. Previo al evento, existe un modelo digital de elevación generado a partir un levantamiento aéreo Lidar. Doce días después del temblor, se hizo un levantamiento Lidar terrestre con dos equipos a lo largo de un segmento de 1.5km de la falla al norte de la Sierra Cucapá, donde se observaron los mayores desplazamientos verticales. La densa nube de puntos sigue fielmente el relieve donde destaca con sorprendente detalle la estructura del rompimiento. La reconstrucción 3D de las cicatrices frescas del temblor ayudará a entender mejor los procesos que los genera así como los efectos en superficie.

Se tiene programado un levantamiento Lidar aéreo para la segunda semana de agosto 2010, escaneando un corredor de longitud ~100km a lo largo de la falla, desde la desembocadura del río Colorado hasta al extremo norte de la Sierra Cucapá. Se pretende presentar resultados preliminares del levantamiento aéreo en la reunión anual 2010.

El patrón de escorrentía en la vertiente Oeste de la Sierra Cucapá, fluye hacia la Laguna Saldada, depresión por debajo del nivel medio del mar. Los patrones de escurrimiento y cuencas de drenaje de la Sierra Cucapá fueron afectados por la deformación. El desplazamiento vertical cortó transversalmente algunos cauces de arroyos, generando obstrucciones naturales que alterarán los escurrimientos. Se calcularon las cuencas de drenaje y red de escurrimiento de la vertiente Oeste de la Sierra Cucapá a partir del modelo elevación Lidar previo al sismo. Se pretende comparar la red de escorrentía con los modelos Lidar (terrestre y aéreo) posterior al sismo.

SE05-4

EL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH DEL 4 DE ABRIL DE 2010 (MW 7.2): EPICENTROS DEL SISMO PRINCIPAL Y REPLICAS DE M > 3 DETERMINADOS CON BASE EN DATOS LOCALES DE ACELERACION

Munguía Orozco Luis¹, Méndez Figueroa Ignacio¹, Farfán Francisco¹, Vidal Villegas Antonio¹, Wong Ortega Victor¹, Arregui Ojeda Sergio¹ y Lermo Samaniego Javier²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada²Instituto de Ingeniería, UNAM

lmunguia@cicese.mx

El sismo El Mayor-Cucapáh, del 4 de Abril de 2010, ocurrió a las 15:40 horas tiempo local en Baja California. Su epicentro se localizó en el margen occidental del Valle de Mexicali, en la zona donde convergen las sierras El Mayor y Cucapáh, a 40 kilómetros al sur de la ciudad de Mexicali. En la vecindad del epicentro, los fuertes movimientos sísmicos dieron lugar a un intenso fenómeno de licuefacción y a notables agrietamientos superficiales,

mecanismos responsables del severo daño causado en casas y canales de irrigación en amplias áreas del Valle de Mexicali.

Posteriormente al sismo principal, la actividad sísmica continuó con una larga serie de réplicas con magnitudes hasta de 5.7 grados. El evento principal y un considerable número de réplicas fueron registrados localmente por estaciones de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM), operada por el CICESE. En particular, el sismo principal se registró en trece estaciones ubicadas a distancias de entre 12 y 140 kilómetros del epicentro.

En el proceso de localización de epicentros, utilizamos inicialmente los tiempos de arribo de ondas P medidos en registros de aceleración de tres o más estaciones. Sin embargo, dada la gran extensión de la zona de réplicas, el cubrimiento de esas estaciones resultó insuficiente, siendo necesario combinar los datos de aceleración con datos de otras estaciones ubicadas a uno y otro lado de la frontera internacional California, U.S.-Baja California, México. De ese modo, se consideraron los tiempos de arribo de estaciones de movimientos débiles de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM, CICESE), de una estación de banda ancha (UNAM) instalada en la región del epicentro con anterioridad al 4 de Abril y de estaciones distribuidas en el sur de California, tomados éstos últimos del catálogo del Southern California Earthquake Data Center. De la combinación de esta información disponible se determinaron los epicentros del evento principal y de cerca de 90 réplicas ($M > 3$) ocurridas desde el inicio de la actividad sísmica y hasta el 5 de Julio. En este proceso, la utilización de los tiempos de arribo medidos en los registros locales de aceleración permitió lograr resultados más precisos que los obtenidos cuando se utilizan solo datos de estaciones a distancias más regionales. Estos resultados, que discutimos en esta presentación, proporcionan información respecto al complejo desarrollo temporal y espacial de la secuencia sísmica El Mayor-Cucapáh.

SE05-5

LOCALIZACION DE REPLICAS DEL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH (MW7.2) DEL 4 DE ABRIL DE 2010, REGISTRADAS CON UNA RED SISMICA LOCAL

Castro Escamilla Raúl, Acosta Chang José, Ruíz Cruz Euclides, Arellano Zepeda Gustavo, Pérez Vertti Ramírez Arturo, Mendoza Camberos Antonio, Reyes Serrano Rogelio y Inzunza Romero Luis
Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
raul@cicese.mx

El 4 de abril de 2010 ocurrió un sismo de magnitud $M_w=7.2$, a ~50 km de la ciudad de Mexicali, Baja California, en el límite de las placas de Norte América y del Pacífico, sobre un segmento de falla (falla Borrego) localizado al sureste de la Laguna Salada. Aproximadamente 24 horas después del evento principal instalamos una red sismográfica local alrededor de las fallas El Mayor-Cucapáh. Esta red fue equipada con grabadoras digitales Reftek modelo RT130 y sismómetros L-28 de 4.5 HZ proporcionados por el consorcio IRIS-PASSCAL. La distribución de las estaciones de la red local permitió tener una excelente cobertura azimutal a distancias cortas de las réplicas, con lo que se obtuvo un mejor control horizontal y vertical de los hipocentros que el obtenido por las redes regionales.

Las réplicas iniciaron sobre la Sierra El Mayor y migraron hacia el noroeste, a lo largo de la Sierra Cucapáh. La zona de réplicas se distribuyó al sureste y al noroeste del evento principal. Al noroeste los epicentros se traslaparon con el sistema de fallas de la Laguna Salada, donde ocurrió otro sismo importante en 1892.

Agradecimientos: Este estudio ha sido posible gracias al apoyo financiero del CICESE y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Agradecemos el apoyo logístico proporcionado por John Fletcher, José Frez, Luis Delgado y Victor Wong.

SE05-6

EL SISMO EL MAYOR-CUCAPAH DEL 4 DE ABRIL DE 2010 (MW 7.2): DESCRIPCION DE LOS MOVIMIENTOS FUERTES REGISTRADOS EN LA ZONA EPICENTRAL

Munguía Orozco Luis, Navarro Sánchez Miguel, Valdez López Tito y Luna Munguía Manuel
Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
lmunguia@cicese.mx

El sismo El Mayor-Cucapáh, del 4 de Abril de 2010, ocurrió a las 15:40 horas tiempo local en Baja California. Su epicentro fue localizado en el margen occidental del Valle de Mexicali, en la zona donde convergen las sierras El Mayor y Cucapáh, y a 40 kilómetros al sur de la ciudad de Mexicali. En la vecindad del epicentro, los intensos movimientos sísmicos dieron lugar a un marcado fenómeno de licuefacción y a notables agrietamientos superficiales, mecanismos responsables del severo daño causado en casas y canales de irrigación en amplias áreas del Valle de Mexicali.

Desde Febrero de 1892, cuando un sismo de magnitud similar ocurrió en el extremo noroeste de la falla Laguna Salada, ningún otro evento de ese tamaño

había ocurrido cerca del epicentro del sismo de Abril 2010. Históricamente, otros eventos de magnitud similar ocurrieron en la región del sismo El Mayor-Cucapáh. En 1940 la falla Imperial generó un sismo de magnitud 6.9 ligeramente al norte de la frontera internacional. También, en 1915 y 1934 dos eventos de $M = 7$ ocurrieron en la falla Cerro Prieto, al sureste del epicentro de Abril 2010. En Baja California, el sistema de fallas Imperial-Cerro Prieto constituye la frontera principal entre las placas tectónicas del Pacífico y Norte América.

En este estudio analizamos los datos de aceleración registrados en trece estaciones de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM), operada por personal del CICESE. Estas estaciones registraron a distancias de entre 12 y 140 kilómetros. Seis estaciones están ubicadas sobre sedimentos del Valle de Mexicali, a menos de 35 km del epicentro, y las otras sobre rocas graníticas de las sierras peninsulares de Baja California. Además del evento principal, se registraron también las réplicas de mayor magnitud, constituyéndose así una importante base de datos de aceleración para la realización de estudios detallados.

En esta ponencia se muestran los registros de aceleración producidos por el sismo principal, conjuntamente con gráficas de velocidad, desplazamiento y espectros de Fourier y de respuesta calculados con base en éstos. En síntesis, observamos que los valores máximos de aceleración registrados sobre sedimentos van de 145 a 799 gales, mientras que en roca firme los máximos valores están entre 13 y 73 gales. En cuanto a velocidad y desplazamiento, las máximas amplitudes van de 14 a 61 cm/seg y de 9 a 52 cm, respectivamente. Es de interés hacer notar que, en promedio, los valores pico de los parámetros de movimientos fuertes registrados en roca sólida son alrededor de 10 veces más bajos que los registrados sobre sedimentos. Adicionalmente a las características de los registros de aceleración, se discuten otros aspectos del sismo principal, tales como la composición espectral de los movimientos registrados, la energía sísmica radiada y la caída de esfuerzo.

SE05-7

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA RELACIÓN DE OMORI, LA CONSTANTE P DEL SISMO $M_L = 7.2$ DE ABRIL 4, 2010, NORTE DE BAJA CALIFORNIA, Y COMPARACIÓN CON VALORES REGIONALES

Frez Cárdenas José
CICESE
jofrez@cicese.mx

La relación de Omori es una establecida herramienta de la Sismología Estadística y la literatura cuenta con un considerable número de estimaciones de uno de sus parámetros (p); los otros dos (K y c) —en la versión modificada de la ley— han recibido menos atención, aunque se ha discutido si el parámetro c tiene o no un valor nulo. Además de explorar las correlaciones entre las estimaciones de los tres parámetros para réplicas de sismos ocurridos en ambas Californias, este trabajo compara las estimaciones de la constante p . Los valores de p para el Valle Mexicali-Imperial son más grandes (entre 2 y 2.5) que los correspondientes a la Sierra Peninsular y el Borde Continental (menores a 1.5). No es posible desechar la hipótesis de que el parámetro c sea nulo. El valor obtenido de p para el sismo del 04-04-2010 lo hace corresponder al segundo tipo de regiones.

SE05-8

DEFORMACIÓN COSÍSMICA DISPARADA POR EL SISMO $M=7.2$, EL MAYOR-CUCAPAH, EN EL VALLE DE MEXICALI, OBSERVADA POR LOS INSTRUMENTOS GEOTÉCNICOS, PIEZÓMETROS Y NIVELACIÓN

Glowacka Ewa¹, Robles Braulio², Vázquez González Rogelio¹, Sarychikhina Olga¹, Díaz de Cossio Batani Guillermo¹, Farfán Francisco¹, Suárez Vidal Francisco¹ y Mojarro José¹

¹CICESE
²IMTA
glowacka@cicese.mx

El sismo El Mayor-Cucapáh ocurrió el día 4 de abril de 2010, en el margen occidental del Valle de Mexicali, en cercanía de la zona de dispersión Cerro Prieto.

Deformación cosísmica, ondas sísmicas y licuefacción asociadas con el sismo causaron, en la zona de estudio, deformaciones y agrietamientos superficiales, hundimientos y subidas del terreno, rupturas de canales, caimiento de drenes, inundaciones y daños significativos a los caminos, casas y campos agrícolas.

Para estudiar la distribución espacial y temporal de las deformaciones de la corteza en el valle de Mexicali, CICESE, desde años 90's, instaló una red de medidores de deformación (REDECVAM) y piezómetros. En el abril de 2010 la red incluyó 3 grietómetros verticales, 4 inclinómetros de superficie, 2 inclinómetros de pozo, así como 5 piezómetros instalados en un acuífero somero. Todos los instrumentos mencionados son de medición continua y están instalados en la cercanía de las fallas activas en el centro de dispersión Cerro Prieto. La red de instrumentos geotécnicos también incluyó un Testigo 3D con medición cada 2-3 meses.

Durante el sismo de 4 de Abril de 2010 todos los instrumentos registraron los cambios debido al sismo. Los instrumentos instalados en la falla "continuación de Cerro Prieto" reportan desnivel vertical de 6 cm (o, 10cm medidos con la regla en la superficie) y cambio de inclinación de ~ 700 microradianes. Los instrumentos instalados en la falla Saltillo reportan cambio de inclinación hasta 3000 microradianes, y deslizamiento vertical y lateral derecho de orden de centímetros. No funcionó ningún instrumento en la falla Morelia, pero la medición manual sugiere el deslizamiento vertical de orden de 30 cm. Cambio cosísmico de nivel de agua reportado por los piezómetros es entre 0.4 y 5 metros. Usando los cálculos de eficiencia hidráulica de Sarychikhina et al., 2009, estos valores equivalen a cambio de deformación volumétrica de orden de 10^{-6} - 10^{-5} .

Aprovechando los trabajos de nivelación realizados en la zona en la misma temporada, IMTA, con el apoyo de CONAGUA, repitió, después del sismo, la medición de ~200 km de perfiles con precisión de primer orden, segunda clase.

Estamos comparando y discutiendo las observaciones de desplazamiento disparado en las fallas con datos de nivelación y nivel de agua en los pozos.

SE05-9

EFFECTO SISMOMAGNÉTICO RELACIONADO AL TERREMOTO EL MAYOR-CUCAPAH (MW 7.2) DEL 4 DE ABRIL DE 2010

Fregoso Becerra Emilia y García Abdeslem Juan
CICESE
fregosob@cicese.mx

Se denomina efecto sismomagnético a cambios en la intensidad del campo magnético, producidos por cambios transitorios en la magnetización de las rocas de la corteza terrestre, que ocurren como respuesta a un cambio en el campo de esfuerzos durante un ciclo sísmico. En este trabajo describimos el efecto sismomagnético relacionado al gran terremoto (Mw 7.2) del 4 de Abril de 2010, cuyo epicentro fue localizado en las estribaciones de las sierras El Mayor y Cucapah en el NE de Baja California, y ha sido denominado Terremoto El Mayor-Cucapah.

Los datos utilizados corresponden a mediciones de la intensidad del campo magnético registrados en (1) una base magnética ubicada temporalmente en la azotea del edificio de Ciencias de la Tierra del CICESE, en Ensenada, Baja California, México, y (2) en los observatorios magnéticos de Tucson y Fresno en los EE UU. Estos datos fueron registrados con una tasa de muestreo de 1 minuto, a partir del día 26 de marzo y hasta el 19 de abril de 2010. La comparación de los datos registrados en Ensenada, permitió verificar que durante el periodo de medición las tres estaciones registraron variaciones similares del campo magnético.

Nuestro análisis se basa en la definición y propuesta de una medida estadística que hemos denominado Índice de Actividad Magnética, el cual permite detectar y cuantificar variaciones anómalas del campo magnético empleando solamente una estación. Este índice nos ha permitido contrastar las variaciones del campo magnético en días previos y posteriores al terremoto, utilizando de forma independiente los datos de las tres estaciones magnéticas, además de que facilita la búsqueda de posibles precursores. A partir de los datos del campo magnético analizados, podemos sugerir que el Índice de Actividad Magnética da cuenta de un evento precursor que inicia 40 minutos antes del evento de mayor magnitud, y que la variación anómala del campo magnético persiste durante varios días después del terremoto.

SE05-10

MODELO GEOELÉCTRICO DEL VALLE DE MEXICALI A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS: RESULTADOS ANTES Y DESPUÉS DEL SISMO DEL 4 DE ABRIL DE 2010

Cortés Arroyo Olaf Josafat y Romo Jones José Manuel
CICESE
ocortes@cicese.mx

En marzo de 2010 se realizó un perfil de 8 sondeos magnetotelúricos a través del valle de Mexicali con objeto de investigar la resistividad eléctrica del subsuelo. El perfil tiene una dirección NE-SW, con una separación entre estaciones de aproximadamente 3 km. Los datos obtenidos han sido procesados y sometidos a una inversión en dos dimensiones para obtener un modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en la zona. En el mes de mayo, después del sismo de magnitud 7.2 del día 4 de abril de 2010, se realizó una segunda campaña de medición con objeto de investigar algún cambio en la resistividad del subsuelo, ya que el extremo occidental del perfil se encuentra muy cerca del epicentro (~3km). Se ocuparon los mismos sitios de medición y llevó a cabo el mismo tipo de procesamiento que el realizado en el perfil anterior. Los resultados obtenidos indican un descenso en la resistividad eléctrica de alrededor de 30% posterior al evento sísmico en los sitios más cercanos a la zona del epicentro por debajo de los 2 km hasta una profundidad de aproximadamente 7 km, así como también un descenso en resistividad eléctrica del orden de 10% hasta 3 km de profundidad hacia el NE del perfil. Este resultado es congruente con un posible aumento de

la permeabilidad causado por microfracturamiento asociado al avento principal y a sus réplicas.