### UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO RECINTO DE MAYAGÜEZ FACULTAD DE ARTES Y CIENCIAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

# Eventos volcánicos en el Volcán Merapi, Indonesia desde el 2010 al presente digitalizados usando SIG

GEOL6991

Wilmary Vera

Yesenia Herrera

**Cherrymar Reyes** 

#### Introducción

El volcán Merapi está localizado en Java Central en Indonesia formado por la Trinchera de Java (Damby et al. 2013) (Fig. 1 y Fig. 2). Es uno de los volcanes más activos del mundo con erupciones históricas mortales en la última década que ocurren en un rango de 3 a 5 años (Damby et al. 2013). Indonesia está clasificada en la cuarta posición sobre el mayor número de víctimas como consecuencia de erupciones volcánicas y a su vez, representa el 11% de las víctimas en el mundo durante el siglo XX (Warsini et al. 2014). Adicionalmente, está clasificada en la primera posición en términos de sobrevivientes heridos y sin hogar causadas por peligros volcánicos (Warsini et al. 2014). Merapi es un estratovolcán con una elevación de 9,735 pies (Global Volcanism Program). En las faldas del volcán hay alrededor de 1.1 millones de habitantes y se caracteriza la actividad volcánica de Merapi como una explosiva y efusiva (Damby et al. 2013). Entre los peligros volcánicos asociados a este volcán se pueden mencionar: nubes ardientes, flujos piroclásticos, lahares, caída de tefra y cenizas. Utilizando ArcGIS se crearon mapas para conocer localización (Fig. 1), zonas de subducción (Fig. 2), zonas de interés cercas del volcán (Fig. 3) y las dimensiones de los peligros volcánicos que sufre la población por los eventos eruptivos de Merapi. Las consecuencias de estos eventos son: pérdida de propiedad, pérdida de tierras y cultivos, colapso de techos, muertes, pérdida de ganado, enfermedades respiratorias, entre otras. Usando SIG (Sistema de Información Geográfico) se crearon mapas que identifican las zonas más afectadas en los últimos 4 años y un mapa que identifica todas las caídas de cenizas con el propósito de identificar y analizar las provincias más afectadas por la caída de cenizas en varias ocasiones.

#### **Objectivos**

Usando SIG se buscaba identificar los hospitales, escuelas y hoteles cercanos al volcán Merapi que fueron afectados por los peligros volcánicos para el periodo de tiempo del 2010 al presente (noviembre 2014) (Fig. 3). Una vez identificado el peligro volcánico se buscaba conocer las enfermedades o riesgos que sufren los habitantes del lugar. Usando SIG se identificarán en un mapa las dimensiones y distancias viajadas por los peligros volcánicos en todas las erupciones en el periodo de tiempo señalado.

#### Metodología

Por medio del Global Volcanisim Program (GVP) se conoció la actividad volcánica de Merapi. Identificamos los años 2010, 2011, 2013 y el 2014 hasta el mes de noviembre. No se reportaron eventos eruptivos para el 2012 y solo se crearon mapas de las erupciones de años restantes. Se creó una tabla con la siguiente información: fecha del evento, tipo de evento, distancia viajada y pueblos afectados. Usando esta información del GVP se crearon las capas de información (*shapefiles*) para los mapas de los eventos vulcanológicos. Cuando solo se conocía la distancia viajada y dirección se identificada como una línea y se creaban capas de información (*shapefiles*) . Cuando se conocía cuáles eran los pueblos afectados y la dimensión se crearon capas de información (*shapefiles*) en forma de polígonos, identificando con puntos los pueblos afectados y luego uniéndolos. Los reportes vulcanológicos no siempre tenían toda la información necesaria y para la caída de ceniza se identificó otro recurso, NOAA. Datos de HYSPLIT Volcanic Ash Model de NOAA se bajaron para eventos de caídas de ceniza en los años de interés y se utilizaron para guías para crear *shapefiles* de caídas de ceniza completas.

El proceso en detalle se puede encontrar en el apéndice. En total se crearon ocho *shapefiles* de caídas de ceniza, luego se analizaron las regencias alrededor Merapi para averiguar cuántas veces habían sido impactadas por caídas de ceniza. A cada regencia se le cambió la simbología para identificar las veces que habían sido impactado por caídas de ceniza.

El mapa utilizado como base fue traducido de indonesio a español y la capa de información utilizada incluía: cuidades, carreteras, hoteles (turismo), hospitales y escuelas. De esta manera se identifican lugares importantes que podrían ser afectados. Las áreas urbanas más afectadas son Magelang y Yogyakarta donde el turismo es alto. Otro recurso utilizado en el proyecto fue la base de datos sísmicos de USGS (United States Geological Survey), en el cual se descargaron varios archivos sísmicos para los años correspondientes de erupciones. Los archivos sísmicos fueron utilizados para desarrollar una mapa de de la sismicidad en Indonesia durante el periodo eruptivo del 2010 al presente (Fig. 2), los detalles del proceso se explican en el apéndice.

Finalmente, se subieron los datos de la Fig. 8, el mapa de todas las caídas de cenizas incluyendo a las escuelas, hospitales y hoteles a ArcGIS Online. Para subir las capas de información cada *shapefile* se comprimió a un *zip*. La mapa resultante se puede encontrar aquí, (http://bit.ly/1I4BNyG).

#### Resultados

La Fig. 2 utiliza los tres tipos de eventos sísmicos, superficiales (0-70 km), intermedios (70-300 km) y profundos (300-700 km), para mostrar por medio de esos eventos sísmicos de los años 2010 al presente el tectonismo de Indonesia. Es una de las regiones más complejas de convergencia de placas en el mundo y las placas involucradas son la Euroasiática, Australiana y la de Filipinas. La zona de subducción de Indonesia es conocida como la fosa o trinchera de Java y tiene una profundidad de 7450 km (Hamilton, 1979).

La Fig. 3 nos indica los puntos de interés que están relativamente cerca del volcán Merapi. Las ciudades más cercanas, hospitales, escuelas y hoteles. Adicionalmente, las carreteras que rodean al volcán y todas las que se pueden afectar.

La Fig. 4 muestra todos los peligros volcánicos que afectaron las áreas cercanas al volcán en el 2010. En el mismo todos los eventos tales como: flujos piroclásticos, lahares, avalanchas y caídas de ceniza fueron solapados de manera representativa de diferentes colores para así poder comparar las distancias recorridas por cada uno de ellos. Las ciudades más afectadas fueron Babadan, Kaliurang, Yogyakarta, Selo, Magelang, Muntilan, Gendol.

En la Fig. 5 se presentan todas las erupciones ocurridas para el 2011. Se identifican todos los peligros volcánicos que afectaron las áreas cercanas al volcán. Principalmente en el oeste, las ciudades de Yogyakarta y Magelang fueron las más afectadas con caída de cenizas y lahares.

La Fig. 6 muestra todos los peligros volcánicos que afectaron las áreas cercanas al volcán en el 2013. En el mismo todos los eventos tales como: flujos piroclásticos, lahares, avalanchas y caídas de ceniza fueron solapados de manera representativa de diferentes colores para así poder comparar las distancias recorridas por cada uno de ellos. Las ciudades más afectadas fueron Kaliurang,Balerante, Deles, Selo, Tlogowatu, Kemalang, Jawa Tengah, Klaten y Glagaharjo.

La Fig. 7 muestra todos los peligros volcánicos que afectaron las áreas cercanas al volcán en el 2014. Durante el mes de marzo se formó una nube de ceniza y flujo piroclástico. El flujo piroclástico recorrió un territorio bastante amplio, sobrepasando una de las ciudades más pobladas de Java y Melang.

La Fig. 8 muestra todas las caídas de cenizas (8 en total) que afectaron las áreas cercanas al volcán, en este caso regencias, durante el 2010 al presente. Se cuantifico el número de veces en el cual una regencia en específico fue afectada con la caída de ceniza; los números de veces que fue afectada cada regencia fluctuaron entre 5 a 8 veces por regencia.

#### Discusión

El análisis de los datos indican que la caída de cenizas es el peligro volcánico más constante en los pasados 4 años. Las consecuencias a la salud que causa la ceniza una vez es inhalada en tamaños menores de 10 µm son: irritación de ojos y nariz, problemas respiratorios (asma y bronquitis), silicosis (enfermedad pulmonar), tuberculosis pulmonar y cáncer en el pulmón (Damby et al. 2013). Estas enfermedades son comunes en Indonesia debido a que la ceniza tiene un alto contenido de sílice cristalizado como el mineral cristobalita (*cristobalite*) (Damby et al. 2013). En adición, Damby et al. (2013) informa que los reportes de asistencia en los hospitales y clínicas no es adecuado para cuantificar los pacientes que reclaman irritación de los ojos y nariz o dolencias respiratorias. Es por esto, que se buscaron mediante los mapas creados en SIG cuáles eran los hospitales que se afectan directamente por los peligros volcánicos.

En cambio, los lahares son rápidos flujos saturados mezclados con altas concentraciones de agua, partículas de rocas, flujos piroclásticos, hielo, sedimentos y material volcánico (Pierson et al. 2014). Los reportes vulcanológicos utilizados para la creación de los mapas solo indican los lahares primarios, que son los que se originan al momento de la erupción. Como consecuencia de los lahares se destruyen a su paso casas, edificios, carreteras, tierras de cultivo y todo lo que esté a su paso por el lugar (Pierson et al. 2014). Por otro lado, los estudios revelan que la población sufre de depresión y pérdida de identidad causado por problemas económicos, las pérdidas de seres queridos y de propiedad a causa principalmente de los lahares (Warsini et al. 2014). Los más afectados por problemas psicosociales en el estudio señalan que son los adultos empleados y con educación entre las edades de 18 a 59 años (Warsini et al. 2014).

#### Conclusión

Utilizando SIG se identificaron las causas y los efectos que forman parte de una erupción volcánica, específicamente las del volcán Merapi durante el periodo de 2010 al presente. La elaboración de mapas fue de gran utilidad para determinar las áreas más afectadas durante y después de la actividad volcánica. De la misma manera se determinaron las regencias, municipalidades extensamente pobladas y las más vulnerables a los peligros volcánicos. En adición, se analizaron los peligros volcánicos, las zonas afectadas, las pérdidas y posibles enfermedades presentes en la población. En conclusión, la caída de cenizas fue el peligro volcánico más perjudicial para la población, ya que el mismo recorre largas extensiones territoriales y tiene la capacidad de alojarse en los pulmones de las personas, generando complicaciones perjudiciales al sistema respiratorio. SIG es necesario para el monitoreo de volcanes porque se pueden crear mapas de riesgo, vulnerabilidad y peligros volcánicos que ayudarán a salvar la vida de la población.

#### Recomendaciones

Existen mapas de vulnerabilidad y riesgo de Merapi para el 2010, se deberían actualizar cada dos años debido a que es un volcán muy activo. Por otro lado, se deben crear capas de información sobre la población de Indonesia, o sea, un mapa de densidad poblacional para conocer la cantidad de habitantes de cada provincia. Los reportes vulcanológicos en ocasiones tienen el evento ocurrido, pero no las dimensiones y distancias viajadas del peligro volcánico. Deberían ser siempre precisos los reportes que le ofrecen al Smithsonian Institute debido a que si se accesan, están en idioma indonesio y necesitan ser traducidos al inglés.

#### Referencias

- Damby, D.E., Horwell, C.J., Baxter, P.J., Delmelle, P., Donaldson, K., Dunster, C., Fubini, B., Murphy, F.A., Nattrass, C., Sweeney, S., Tetley, T.D., Tomatis, M., 2013, The respiratory health hazard of tephra from the 2010 Centennial eruption of Merapi with implications for occupational mining of deposits, Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 261, 37-387 p.
- Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian region. United States Geological Survey Professional Paper, p. 1078.
- Global Volcanisim Program. (http://www.volcano.si.edu/).
- Pierson, T.C., Wood, N.J., Driedger, C.L., 2014, Reducing risk from lahar hazards: concepts, case studies, and roles for scientists, Journal of Applied Volcanology, 1- 25 p.
- Warsini, S., Buettner, P., Mills, J., West, C., Usher, K., 2014, The Psychosocial Impact of the Environmental Damage Caused by the MT Merapi Eruption on Survivors in Indonesia, International Association for Ecology and Health.

# Figuras



# Volcán Merapi y Capitales Provinciales en Indonesia

Fig. 1- Mapa de Indonesia. Muestra el volcán Merapi, las capitales, provincias y la batimetría, donde se pueden observar las zonas más profundas en el océano.



Sismicidad en Indonesia durante el periodo eruptivo de Merapi del 2010 al presente

Fig. 2- Mapa de la sismicidad en Indonesia durante el periodo eruptivo del 2010 al presente, para identificar la trinchera de Java utilizando los tres tipos de eventos sísmicos.



# Puntos de interés cerca del Volcán Merapi

Fig. 3- Lugares de interés cerca del Volcán Merapi en Indonesia. Se identifican las regencias, las carreteras, ciudades, hospitales, hoteles y escuelas adyacentes al volcán. La ciudad Provincial Yogyakarta es la que más puntos de interés posee.



Erupciones y áreas afectadas en el Volcán Merapi para el 2010

Fig. 4- Mapa de erupciones y áreas afectadas cercanas al volcán por todos los peligros volcánicos en el 2010. Las ciudades más afectadas fueron Babadan, Kaliurang,Yogyakarta, Selo, Magelang, Muntilan, Gendol.



Erupciones y áreas afectadas en el Volcán Merapi para el 2011

Fig. 5- Eventos eruptivos de Merapi para el 2011. Se muestran las áreas afectadas en Merapi luego de identificar todas las erupciones ocurridas durante el año 2011. El peligro volcánico que más afectó fue la caída de cenizas, identificando en el mapa todos los puntos de interés en riesgo.



Erupciones y áreas afectadas en el Volcán Merapi para el 2013

Fig. 6- Mapa de erupciones y áreas afectadas cercanas al volcán por todos los peligros volcánicos en el 2013. Las ciudades más afectadas fueron Kaliurang, Balerante, Deles, Selo, Tlogowatu, Kemalang, Jawa Tengah, Klaten y Glagaharjo.



Erupciones y áreas afectadas en el Volcán Merapi para el 2014

Fig. 7- Mapa de erupciones y áreas afectadas cercanas al volcán por todos los peligros volcánicos en el 2014.



## Caídas de cenizas de Merapi 2010 al presente

Fig. 8- Mapa de todas las caídas de cenizas (8 en total) que afectaron las áreas

cercanas al volcán, en este caso las regencias durante el 2010 al presente.

# Apéndice

## Procesos de descargar la información

Para crear los mapas se utilizaron los modelos de dispersión de ceniza volcánica de la

NOAA; (http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\_ash.php).

ARL		<b>NOAR</b>
Conducting research and development in the fields of air quality, atm	ospheric dispersion, climate, and boundary layer	State S
ARL Home > READY > Transport & Dispersion Modeling > Volcanic Ash > Run the HYS	SPLIT Volcanic Ash Model	
HYSPLIT Volcanic Ash Model		
Compute forecast volcanic ash (VAFTAD-format)	Retrieve Previous model results (VAFTAD-format)	READY
Compute archive volcanic ash (VAFTAD-format)	Retrieve Previous model results	
Compute forecast volcanic ash concentrations (not yet available)	Return to main HYSPLIT page	
Compute archive volcanic ash concentrations		
NEW - A new enhanced capability using archived meteorology is now available Users have options for describing both model inputs and outputs. If you find problems, p https://hysplitbbs.arl.noaa.gov/index.php	e. Concentrations are calculated based on the given amount of ash in the lease let us know by posting to the HYSPLIT Forum at	he eruption column.
When a volcano has erupted, see the Volcanic Ash Advisories issued by <u>Volcanic As</u> areas of responsibility, priority should always be given to the HYSPLIT model volcanic as Note that timely delivery of data and products from this server through the Internet is 24 hours a day, 7 days a week. Do not rely on obtaining volcanic ash HYSPLIT products	sh Advisory Centers and the official volcanic ash forecasts (SIGMETS). sh cloud guidance charts for <u>current</u> or <u>hypothetical</u> eruptions. i not guaranteed (see the <u>disclaimer</u> ). This server is not operational and a from this web site.	In the U.S. VAAC
Publications using HYSPLIT results, maps or other READY products provided by NC Resources Laboratory. Appropriate versions of the following are recommended:	DAA ARL are requested to include an acknowledgement of, and citation	to, the NOAA Air
Citation		
Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2003. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integ (http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring,	rated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website MD.	
Rolph, G.D., 2003. Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) Spring, MD.	Website (http://www.arl.noaa.gov/ready.php). NOAA Air Resources Lab	boratory, Silver
Acknowledgment		
The authors gratefully acknowledge the NOAA Air Resources Laboratory (ARL) for the p (http://www.arl.noaa.gov/ready.php) used in this publication.	provision of the HYSPLIT transport and dispersion model and/or READ	Y website
Redistribution Permission		
Permission to publish or redistribute HYSPLIT model results using forecast meteoro whom, from whom) via email to <u>arl.webmaster@noaa.gov</u> . For further information, see the	plogical data from NOAA ARL can be obtained by providing relevant info he <u>HYSPLIT Use Agreement</u> .	ormation (reason, to
Audified: July 10, 2014	Privacy   Disclaimer   Information Quality	WAI-A
US Dept. of Commerce   NOAA   NOAA Research	Accessibility   webmaster	WCAG 1.0
ARL		

Bajo HYSPLIT Volcanic Ash Model se seleccionó Compute archive volcanic ash

(VAFTAD-format) (http://ready.arl.noaa.gov/hysplitash-bin/dispasrc.pl). Una vez

accesado, se eligieron los años correspondientes (2010, 2011, 2013 hasta el presente).

ARL Air Resources Laboratory Conducting research and development in the fields of air quality, atmospheric dispersion, climate, and boundary f	Jayer
ARC Home > READY > Iransport & Dispersion Modeling > Voicanic Asn > Run the HTSPLIT Voicanic Asn Model > Archive Asn Archive Ash Select the Meteorological Data and Volcano First, select the meteorological data: [GDAS (global, 2006-present)]  Information and grid domains of archive datasets.	READY
Choose a voicano: Merapijava  Continue Reset	
US Dept. of Commerce   NOAA   NOAA Research   Privacy   Dis ARL	sclaimer   Information Quality Accessibility   webmaster

En el mismo lugar donde se eligieron los años, se selecciona el volcán y luego un clic

sobre Continue.

ARL	1	. Alle		NORR
Air Resources Laboratory	M Calles	and the second	and the second	
Conducting research and development in the fields of a	air quality, atmospheric o	dispersion, climate	, and boundary layer	Se Street
RL Home > READY > Transport & Dispersion Modeling > Volcanic /	Ash > Run the HYSPLIT Volcani	c Ash Model > Archive	Ash	
rchive Ash				
current Defaults				READY
leteorology: GDAS1				
olcano Name: Merapi (Lat: -7.542 Lon: 110.442)				
Meteorological Data				
GDAS1 Meteorological File: current7days				
For data availability (what's missing) view archives.php web particular	ge.			

FILE FORMAT OF THE ARCHIVE DATA:

En esta ventana se colocaron individualmente los meses y años exactos de actividad del

volcán y luego un clic sobre Next.

RL Home > READY > Transport & Disp	ersion Mode	ling > <u>Vo</u>	lcanic As	sh > Run the	HYSPLIT Volcan	ic Ash Model > Ar	chive Ash		
rchive Ash odel Run Details olcano Name: Merapi Lat: -7.542 Lon eteorology: GDAS1 te GDAS1 archive file contains data	: 110.442 beginning (	at <u>0000 U</u>	JTC_1/08/	/ <u>/11</u> .			READ		
Change Default Model Parameters	and Displa	y Option	s						
Source Term Parameters									
Start time (UTC):		help	ye 1	ar 11 🗘	01 \$	day	hour 00 \$		
Source latitude:			-7.	.542 degrees					
Source longitude:			11	110.442 degrees (West is negative)					
Ash column top:		help	30	0000 feet, m	sl				
Volcano summit height			97	38 feet, msl					
Hours of eruption:		help	1	hour(s	5)				
Runtime Parameters									
Total duration:			help		12 🛊 hour	(s)			
Output Parameters									
Ash Reduction:	help	Non	ne 🛛	Small	Medium	Large			
Plot projection:	help	Defa	ault	Polar	Lambert	Mercator	⊖ Cyl. Equidistant		
Plot resolution (dpi):	help	96	\$						
Zoom factor:	help	70	]						
U.S. county borders?	help	) Yes		No					
Postscript file?	help	Yes		⊜ No					
	belo	> Yes		⇒ No					

En esta ventana se colocaron individualmente los días exactos de actividad del volcán.

Bajo Output Parameters, se seleccionó Yes para Postscript file y también para Create

PDF file of graphics y luego un clic sobre Request Dispersion Run.

ARL Air Resources Laborate	ory -	RE	ADY DI							
ARL Home > READY > Transport & Dispe	ersion Modeling > Volcanic As	h > Run the HYSPLIT Volcanic Ash Model > Mo	odel Results							
Model Results										
HYSPLIT VOLCANIC ASH MODEL RESULTS FOR JOB NUMBER 49200 Tue Nov 25 23:43:17 EST 2014 The model and graphics are now complete. Finished generating graphics for job 49200. Status: Creating conc PDF file Concentration gif map Complete volcplot										
RESULTS	C	lick on text link or dropdown menu to view imag	es.							
	GIF Plots	PostScript Plots	PDF Plots							
Ash Concentration	GIF	<u>PS</u>	PDF							
Links to other output files and prog Redraw the ash graphics without rerules HYSPLIT Binary concentration file. HYSPLIT SETUP file. HYSPLIT CONTROL file. HYSPLIT MESSAGE (diagnostics) file MESSAGE file format help (pdf)	unning the model.									
Start a new HYSPLIT model run.										
US Dept. of Commerce   NOAA   No Research   ARL	DAA	Privacy I Discla	imer   Information Quality Accessibility   webmaster							

Tras varios minutos, aparecerá esta ventana mostrando tres alternativas de la información deseada. Siempre se utilizaron los PDF porque tenían mejor resolución que los GIF.

Los HYSPLIT PDFs luego fueron analizados. Cada Hysplit venía con seis imágenes sobre el progreso de la caída de ceniza durante el día. Siempre se utilizó el último para crear *shapefiles* de caída ceniza porque representaba la extensión completa de la caída de ceniza. Para crear *shapefiles* de estos datos se crearon tablas con coordenadas de puntos medidos alrededor de las caídas de ceniza en las gráficas. Luego la tabla se importaba a ArcGIS y se mostraban las coordenadas como puntos en el mapa de Indonesia utilizando la función *Display XY data*. Estos puntos fueron utilizados junto con la foto de los HYSPLIT PDFs para crear los *shapefiles* de las caída de ceniza . Las siguientes figuras muestran un ejemplo del método de creación de los *shapefiles* de caídas de ceniza y el resultado final.





Para crear el mapa de la Fig. 2, se utilizó la base de datos sísmicos de la USGS;

science for a changing	Norld		Man and a second	····	USGS Home Contact USGS Scarch USGS
Earthquake Ha	zards Program		Home About Us	Contact Us	Search
EARTHQUAKES	HAZARDS	DATA & PRODUCTS	LEARN	MONITORIN	G RESEARCH
Earthquake A	Archive Search	& URL Builder			
Help     About ANSS Cor	mprehensive Catalog Options	Advanced Sea	rch Options	Qutput Q	ptions
Help     About ANSS Cor Basic Search C DATE & TIME	mprehensive Catalog Options	Advanced Sea	rch Options	Output O	ptions
Help     About ANSS Co Basic Search C DATE & TIME Start (UTC)	mprehensive Catalog Dptions End (UTC)	Advanced Sea	rch Options	Output O FORMAT	ptions
Help     About ANSS Cor      Basic Search C  DATE & TIME  Start (UTC)  2010-01-01 00:00 00	End (UTC) 2010-12-31 23 59:59	Advanced Sea DEPTH (KM) Minimum D	Maximum 30	Output O FORMAT © Map & © CSV	<b>ptions</b>
Help     About ANSS Cor Basic Search C DATE & TIME Start (UTC) [2010-01-01 00:00 00] MAGNITUDE	End (UTC)         2010-12-31 23 59:59	Advanced Sea	Maximum 30	Output O FORMAT © Map & © CSV © KML © Quekel © GocdS	ptions List ML :ON

(http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/).

CECOGRAPHIC REGION Currently searching custom region Rectangle Decimal degree coordinates. North must be greater than South. Cast must be greater than West.	REVIEW STATUS    Automatc  Reviewed   EVENT TYPE  IMPACT (PACER, SHAKEMAP, DYFI)  CATALOG  CONTRIBUTOR  PRODUCT TYPE	Irma - Newast First Time Oldest First Magnitude - Largest First Magnitude - Smallest First LIMIT RESULTS Number of Events Offset
Scarch Output Format CSV		

Una vez elegidos los años correspondientes (2010, 2011, 2013 hasta el presente), bajo *Basic Search Options*, cada año fue colocado de manera independiente con su la fecha y hora en el formato de tiempo universal coordinado (UTC)

(http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/). Se utilizó la misma magnitud para cada año, de un mínimo de 4 a un máximo de 10. También se colocó la región geográfica exacta de Indonesia (las latitudes y longitudes en forma rectangular que se obtuvieron de Google Earth). En la parte de *Advanced Search Options*, para cada año se colocaron tres profundidades distintas; superficiales que son de 0 a 70 km, intermedios 70 a 300 km y profundos 300 a 700 km. En la parte de *Output Options*, bajo *Format* se selecionó CSV (*comma-separated values*); es un tipo de documento en formato abierto para representar datos en forma de tabla). Seguidamente de que todos esos pasos se completaron, se procedió a dar un clic sobre *Search*. Los datos se descargaron automáticamente en la computadora en forma de *query*.

00	Morkbook1		
📍 🏥 🗊 🔚 🚔 😹 🗈 🋍 🗲 🐼 • 🚳 • 🗵 • 🌆 • 🌾 • 🕼 🖆	🛃 150% - 😧		Q- Search in Sheet
A Home Layout Tables Charts SmartArt Formulas Data	Review		~ ※-
Edit Font Alignment	Number	Format	Cells Themes
• • Fill • Calibri (Body) • 12 • A+ A• = abc•	Wrap Text * General *	Normal Bad Good	🖛 - 🎱 - 📕 - 👫 -
Paste 🖉 Clear * B I U 🔤 * 💁 * 🛓 * 🗮 🗮 🗮 🗮	Merge v 🥞 v % 🦻 🐜 Conditional Formatting	Neutral Calculation Check Cell	Insert Delete Format Themes Aa*
A1 🛟 😒 📀 ( fx time,latitude,longitude,depth,mag,magType,nst,g	ap,dmin,rms,net,id,updated,place,type		
A B C D E	F G H	I J K	L M N
time, latitude, longitude, depth, mag, magType, nst, gap, dmin, rms, net,	id,updated,place,type		
2 2010-12-31T16:30:54.520Z,0.663,-26.045,10,5.5,mwc,132,36.7,,0.9	8,pde,pde20101231163054520_10,2013-03	-16T01:51:51.123Z,"central Mid-Atlantic	Ridge",earthquake
3 2010-12-29TD0:34:29.770Z,4.966,-82.616,10,4.7,mb,68,77.3,,1.29,	ode,pde20101229003429770_10,2013-03-1	6T01:51:49.167Z,"south of Panama",eart	hquake
4 2010-12-27T22:10:08.350Z,0.175,33.334,10,4.5,mb,12,89.8,,1.32,p	de,pde20101227221008350_10,2013-03-16	T01:51:48.451Z,"Lake Victoria region, Ug	anda",earthquake
5 2010-12-27TD0:48:36.540Z,-2.494,-11.975,10,5,mwc,25,45.2,,1.1,p	de,pde20101227004836540_10,2013-03-16	T01:51:47.482Z,"north of Ascension Islan	nd",earthquake
6 2010-12-26T23:44:30.470Z,-4.988,133.2,10,4.3,mb,23,83.4,,1.04,pd	de,pde20101226234430470_10,2013-03-16	F01:51:47.478Z,"near the south coast of	Papua, Indonesia",earthquake
7 2010-12-26T20:32:28.270Z,-9.786,24.995,10,4.2,mb,14,125,,1.12,p	de,pde20101226203228270_10,2013-03-16	T01:51:47.399Z,"Democratic Republic of	the Congo",earthquake
8 2010-12-26T04:00:10.160Z,-3.492,123.353,24.8,4.3,mb,18,75.7,,0.4	35,pde,pde20101226040010160_24,2013-0	3-16T01:51:46.998Z,"Sulawesi, Indonesia	",earthquake
9 2010-12-26TD2:38:16.040Z,-7.233,102.025,26.1,4.4,mb,23,121.9,,0	.9,pde,pde20101226023816040_26,2013-0	3-16T01:51:46.973Z,"southwest of Sumat	tra, Indonesia",earthquake
10 2010-12-25T21:10:30.140Z,1.663,96.876,28,4.2,mb,28,67.3,,0.68,p	de,pde20101225211030140_28,2013-03-16	T01:51:46.272Z,"Nias region, Indonesia",	earthquake
11 2010-12-25T15:52:24.900Z,-2.93,129.724,25.9,4.5,mb,40,64.6,,0.9	5,pde,pde20101225155224900_25,2013-03	16T01:51:45.815Z,"Seram, Indonesia",ea	arthquake
12 2010-12-23T17:26:32.440Z,-1.905,67.969,10,5,mwc,73,103.3,,1.07	pde,pde20101223172632440_10,2013-03-	L6T01:51:43.575Z,"Carlsberg Ridge",earth	nguake
13 2010-12-22T14:11:28.040Z,-2.39,-11.925,10,4.1,mb,7,277.6,,0.53,p	de,pde20101222141128040_10,2013-03-16	T01:51:40.510Z,"north of Ascension Islar	nd",earthquake
14 2010-12-22T13:19:33.400Z,-0.737,121.917,10,4.8,mb,28,68.9,,0.9,	ode,pde20101222131933400_10,2013-03-1	5T01:51:40.485Z,"Sulawesi, Indonesia",e	arthquake
15 2010-12-22T04:03:43.430Z,-4.966,-11.674,10,5.1,mwc,42,68.1,,1.0	5,pde,pde20101222040343430_10,2013-03	-16T01:51:39.483Z,"north of Ascension Is	sland", earthquake
16 2010-12-22T03:43:02.020Z,1.301,96.985,27.1,4.6,mb,22,185.3,,0.7	8,pde,pde20101222034302020 27,2013-03	-16T01:51:39.438Z,"Nias region, Indones	ia",earthquake
17 2010-12-21T14:07:48.290Z,2.715,95.893,21,5.8,mwb,220,20.4,,0.9	3,pde,pde20101221140748290 21,2014-11	-13T10:03:07.831Z, "Simeulue, Indonesia"	,earthquake
18 2010-12-19T14:12:01.110Z,-0.952,97.918,22.1,4.7,mb,24,88.3,,1.1	L,pde,pde20101219141201110 22,2013-03	-16T01:51:35.055Z,"Kepulauan Batu, Indo	onesia",earthquake
19 2010-12-18T12:27:16.970Z9.734.106.322.10.4.8.mb.14.106.10.5	6.pde.pde20101218122716970 10.2013-03	-16T01:51:34.370Z."south of Java. Indon	esia".earthquake
20 2010-12-18T00:37:32.370Z-4.935.30.152.5.4.3.mb.27.54.41.05.pd	de.pde20101218003732370 5.2013-03-16T	01:51:34.054Z."Lake Tanganvika region".	earthquake
21 2010-12-17T11:27:10.790Z.0.936.125.998.10.4.1.mb.9.158.40.49	pde.pde20101217112710790 10.2013-03-1	6T01:51:33.562Z."Molucca Sea".earthqu	ake
22 2010-12-16T08:01:09.030Z-9.079.41.104.10.4.7.mb.21.119.11.24	.pde.pde20101216080109030 10.2013-03-	16T01:51:33.201Z."off the coast of Tanza	nia".earthquake
23 2010-12-15T23:40:24.400Z-4.361.136.625.10.3.4.4.mb.34.57.8.1.	15.pde.pde20101215234024400 10.2013-0	3-16T01:51:32.924Z."near the south coas	t of Papua, Indonesia".earthquake
24 2010-12-15T13:20:29.100Z-5.087.133.508.15.4.4.1.mb.12.125.1.2	.pde.pde20101215132029100 15.2013-03-	16T01:51:32.6857."Kepulauan Kai, Indon	esia".earthquake
25 2010-12-15T07:00:42.5307 -2.281 139.347 10.4.2 mb.15.75.4.1.09	nde.nde20101215070042530 10.2013-03-	16T01:51:32.3647."near the north coast (	of Papua, Indonesia", earthquake
26 2010-12-14T19:11:41.480Z,3.824,-32.563,10,5,mb,85,51.5,,1.16,pd	e,pde20101214191141480_10,2014-04-101	04:57:26.287Z,"central Mid-Atlantic Ridg	ge",earthquake
Sheet1 +			
Normal View Ready	Sum=0 🗸		1

Una vez obtenidos los datos, se colocaron en una hoja de Excel. En la hoja de

Excel toda la información aparecerá en una sola columna. Para poder distribuir la

información en columnas independientes se realizaron los siguientes pasos:

Convert Text to Columns Wizard – Step 1 of 3
he Text Wizard has determined that your data is Delimited.
this is correct, choose Next, or choose the Data Type that best describes your data. Original data type
Choose the file type that best describes your data:
• Delimited - Characters such as commas or tabs separate each field.
○ Fixed width - Fields are aligned in columns with spaces between each field.
Data preview Preview of selected data:
1 time, latitude, longitude, depth, mag, magType, nst, gap, dmin, rms, net, id. updated, 2 beide-12-31Ti6:39:54-5282, 0.663, -26, 045, 105, 55, mmc, 132, 36-7, 0, 98, pde, pde281 P8108-12-29782; 108:08, 150, 72, 4, 566, -82, 661, 104, -7, 06, 168, 77, 31, 129, pde, pde28101 108:06-12-27782; 108:08, 15082, 0, 175, 13, 334, 10, 45, mb, 12, 69, 8, 1, 32, pde, pde28101 108:06-12-27782; 108:08, 15082, 0, 175, 13, 334, 10, 45, mb, 12, 69, 8, 1, 32, pde, pde28101 108:06-12-27782; 108:08, 15082, 0, 175, 13, 334, 10, 45, mb, 25, 55, 22, 1, 1, 126, pde, pde28101 108:06-12-2782; 108:08, 15082, 0, 175, 13, 334, 10, 45, mb, 23, 85, 4, 1, 94, pde, pde28101 108:06-12-2782; 108:08, 108, 108, 108, 108, 108, 108, 108, 1
Cancel < Back Next > Finish

elimiters				🗌 Trea	t con	secutive	delimi	iters as or
🗹 Tab	Semicolon	mma	Text	qual	fier: 🔳		\$	
Space	Other:							
ata previev	N							
ata previev	N							
bata previev	w	latitude	longitude	depth	mag	magType	nst	gap dmi
time 2010-12-3: 2010-12-3:	w 1116:30:54.5202	latitude 0.663	longitude -26.045	depth 10	mag 5.5	magType mwc	nst 132	gap dmi 36.7
time 2010-12-3: 2010-12-2: 2010-12-2:	w 1116:30:54.5202 9700:34:29.7702 7722:10:08.3502	latitude 0.663 4.966 0.175	longitude -26.045 -82.616 33.334	depth 10 10	mag 5.5 4.7 4.5	magType mwc mb	nst 132 68 12	gap dmi 36.7 77.3 89.8
time 2010-12-3: 2010-12-2: 2010-12-2: 2010-12-2:	W 1116:30:54.520Z 3700:34:29.770Z 7722:10:08.350Z 77100:48:36.540Z	latitude 0.663 4.966 0.175 -2.494	longitude -26.045 -82.616 33.334 -11.975	depth 10 10 10	mag 5.5 4.7 4.5 5	magType mwc mb mb mwc	nst 132 68 12 25	gap dmi 36.7 77.3 89.8 45.2

Convert Text to Colur This screen lets you select each column and set the Data Format. 'General' converts numeric values to numbers date values to dates, and all remaining values to text. Advanced	nns Wizard – Step 3 of 3 Column data format Ceneral Text Date: MDY : Do not import column (Skip)
Data preview	Destination: SAS1
General         General         General         General         Centure           lini         Lini	cral         GeneroScience(GeneroL)         GeneroScience(GeneroScience)         GeneroScience)         GeneroScience(GeneroScien
Cancel	<pre>&lt; Back Next &gt; Finish</pre>

0	00									Workbook	:1							
2	1		ا 🏑 📾	à 🛍 🎸	🔊 • 🕅 •	Σ • 🏞 •	¥ . (*	125%	• 🕐							Q- Search	in Sheet	
	Home	Lay	out Tab	les Charts	SmartA	t Formul	as Data	Review										~ 3
	Sort & Filter	r i	Analysis		External	Data Sources		Te	iols		Group & Out	line						
A		7.	- ·	a. 🚓	. 🏡 🛉	2 2	2. 2	Text to Columns	- O .	si: م	- • <b>1</b> 9 - *	Show Detail						
Z	2. A		🛃 i 🗉					Concellidate				T Ulde Detail						
So	ort Fil	lter	PivotTable Wh	nat-If Refres	h Text Da	abase HTML	FileMaker	Consolidate	Validate Dup	licates Grou	p Ungroup	Hide Detail						
	A1		: 00	⊖ fx time														
_	1 A	1	В	C	D	E	F	G	Н	1	J	K	L	M	N	0	Р	Q
	time		latitude	longitude	depth	mag	magType	nst	gap	dmin	rms	net	id	updated	place	type		
	2010-1	.2-31T	0.663	-26.045	10	5.	5 mwc	132	36.7		0.98	pde	pde2010123	2013-03-16	central Mid-	/earthquake		
	2010-1	2-29T	4.966	-82.616	10	4.	7 mb	68	77.3		1.29	pde	pde2010122	2013-03-16	south of Par	earthquake		
	2010-1	2-27T	0.175	33.334	10	4.	5 mb	12	89.8		1.32	pde	pde2010122	2013-03-16	Lake Victoria	a earthquake		
5	2010-1	2-27T	-2.494	-11.975	10	)	5 mwc	25	45.2		1.1	pde	pde2010122	2013-03-16	north of Asc	earthquake		
6	2010-1	.2-26T	-4.988	133.2	10	4.	3 mb	23	83.4		1.04	pde	pde2010122	2013-03-16	near the sou	earthquake		
	2010-1	2-26T	-9.786	24.995	10	4.	2 mb	14	125		1.12	pde	pde2010122	2013-03-16	Democratic	Fearthquake		
8	2010-1	2-26T	-3.492	123.353	24.8	4.	3 mb	18	75.7		0.85	pde	pde2010122	2013-03-16	Sulawesi, In	dearthquake		
9	2010-1	2-26T	-7.233	102.025	26.1	. 4.	4 mb	23	121.9		0.9	pde	pde2010122	2013-03-16	southwest o	fearthquake		
10	2010-1	2-251	1.663	96.876	28	4.	2 mb	28	67.3		0.68	pde	pde2010122	2013-03-16	Nias region,	learthquake		
11	2010-1	2-251	-2.93	129.724	25.5	4.	5 mb	40	64.6		0.95	pde	pde2010122	2013-03-16	Seram, Indo	rearthquake		
12	2010-1	2-23T	-1.905	67.969	10		5 mwc	73	103.3		1.07	pde	pde2010122	2013-03-16	Carlsberg Ri	d earthquake		
13	2010-1	2-221	-2.39	-11.925	10	4.	1 mb	/	277.6		0.53	pde	pde2010122	2013-03-16	north of Asc	earthquake		
14	2010-1	2-221	-0.737	121.917	10	4.	8 mb	28	68.9		0.9	pde	pde2010122	2013-03-16	Sulawesi, In	dearthquake		
15	2010-1	2-221	-4.966	-11.674	10	5.	1 mwc	42	68.1		1.05	pde	pde2010122	2013-03-16	north of Asc	earthquake		
16	2010-1	2-221	1.301	96.985	27.3	4.	6 mb	22	185.3		0.78	pde	pde2010122	2013-03-16	Nias region,	learthquake		
17	2010-1	2-211	2.715	95.893	21	. 5.	8 mwb	220	20.4		0.93	pde	pde2010122	2014-11-13	Simeulue, In	earthquake		
18	2010-1	2-191	-0.952	97.918	22.1	4.	/ mb	24	88.3		1.11	pae	pde2010121	2013-03-16	Kepulauan B	earthquake		
19	2010-1	2-181	-9.734	106.322	10	4.	8 mb	14	106.1		0.56	pae	pde2010121	2013-03-16	south of Jav	aearthquake		
20	2010-1	2-181	-4.935	30.152	-	4.	3 mb	2/	54.4		1.05	pde	pde2010121	2013-03-16	Lake Tangan	earthquake		
21	2010-1	2-1/1	0.936	125.998	10	4.	1 1110	9	158.4		0.49	pde	pde2010121	2013-03-16	wolucca Sea	a eartnquake		
22	2010-1	2-10	-9.079	41.104	10.2	4.	/ 111D	21	119.1		1.24	pde	pde2010121	2013-03-16	or the coast	eartnquake		
23	2010-1	2-151	-4.361	130.025	10.3	4.	4 mb 1 mb	34	57.8		1.15	pae	pde2010121	2013-03-16	Kenulaur - K	earthquake		
24	2010-1	2-151	-5.087	133.508	15.4	4.	1 mb	12	125		1.2	pae	pde2010121	2013-03-16	Kepulauan K	a earthquake		
23	2010-1	2-151	-2.281	139.347	10	4.	2 110	15	/5.4		1.09	pue	pue2010121	2013-03-10	near the hol	rearinguake		
20	2010-1	2-141 2-12T	3.824	-32.563	0.3		5 mb	85	110.6		1.16	pue	pde2010121	2012 02 161	Kopulauan M	/ earthquake		
27	2010-1	2-13 2 12T	-3.391	100.145	0.3	4.	0 mus	22	110.6		0.97	pde	pde2010121	2013-03-10	Reputauan N	earthquake		
20	2010-1	2 117	0.804	29.67	27.7	4.	7 mb	27	43.7		1.14	pue	pue2010121	2012 02 161	Kepulauan N	a eartinquake		
29	2010-1	2-117	-3.855	100.2	12.7	4.	7 mb	37	40.2		0.97	pue	pde2010121	2012-02-16	couth of law	a corthquake		
21	2010-1	2-11T	-9.661	25 716	13./	4.	7 mb	37	48.2		0.95	pde	pde2010121	2013-03-10	Domocratic	e ear unquake		
33	2010-1	2 10T	2 277	25./10		4.	0 mb	40	175 1		1.30	pue	pde2010121	2014-04-10	Kopulauan	/ oorthquake		
-24	2010-1	4 4 1	-3.3// Sheet1	+	0.4	4.	5 110	69	1/5.1	_	1.08	pue	pue2010121	2013-03-10	Repulation	v earinquake		
		ormal Vi	ew Ready							Sum=0	-							

Ya separadas en columnas independientes, se eliminaron todas las que no se

necesitaban.

•	•									Morkbook	1								
2 🋅 🐑 🔚 🗮 😹 🖻 🋍 🞸 🖾 - 🔝 - 🧏 - 🎭 - 🍞 - 📓 🗄 🏭 125% 🔍 🐵										Q- Search in Sheet									
A Home Layout Tables Charts SmartArt Formulas Data Review															÷ •				
5	ort & Filter	Analysis		Externa	al Data Sources		Tools Group & Outline												
All - Tr -		📪 , 🛐 , 🌮 ,		Pa Pa Pa		) 🏦	💫 😨 Text to Column		s 🔜 🗸 📕 📲 📲		Show Detail								
ZV I						9 💷	8	Concolidate		emove -	TH .	= Hida Datail							
So	t Filter	PivotTable Wh	at-If Refresh	Text D	Database HT	ML FileMa	ker 📴	consolidate	Validate Di	uplicates Grou	p Ungroup	Hide Detail							
	A1	:00															-	-	
	A	В	C	D	E		F	G	н		J	K	L	M	N	0	Р	Q	
1	latitude	longitude	depth																HU
2	0.663	-26.045	10																
3	4.966	-82.616	10																
4	0.175	33.334	10																$\vdash$
0	-2.494	-11.975	10																
7	-4.988	24.005	10																
0	-9.760	24.995	24.9																
0	-3.492	102 025	24.0																
9	-7.233	102.025	20.1																-
11	1.003	120 724	20																
12	-2.93	67.060	23.5																
12	-1.505	-11 025	10																
14	-2.33	121 917	10																
15	-4.966	-11 674	10																
16	1 301	96 985	27.1																
17	2 715	95 893	21																
18	-0.952	97 918	22.1																
19	-9.734	106.322	10																
20	-4.935	30.152	5																
21	0.936	125,998	10																
22	-9.079	41.104	10																
23	-4.361	136.625	10.3																
24	-5.087	133.508	15.4																
25	-2.281	139.347	10																
26	3.824	-32.563	10																
27	-3.391	100.145	0.3																
28	0.804	29.67	10																
29	-3.855	100.2	27.7																
30	-9.861	109.655	13.7																
31	0.02	25.716	10																
32	-3.377	100.091	0.4																
	mm)  4 4 +	>- Sheet1	+								é.								11
	Normal V	liew Ready								Sum=0	-								1

Esas fueron las tres columnas utilizadas y fueron guardadas como CSV para poder utilizarlas en ArcGIS. Para crear el mapa en ArcGIS, se buscó en ArcCatalog el archivo que contenía los datos en formato CVS y se añadieron al *Table of Content*. Luego sobre el archivo CVS *se* dio un *clic* con el botón derecho para seleccionar *Display XY data*.