

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR Y EL CAMBIO DE LA
CANTIDAD TOTAL DE AGUA ALMACENADA SOBRE LAS
REGIONES DEL PERÚ USANDO DATOS SATELITALES”**

AUTOR: Mg. Juan Neil Mendoza Nolorbe

(PERIODO DE EJECUCIÓN: 01 de febrero de 2022 al 31 de enero de 2023)

(Resolución de aprobación 154-2022-R)

Callao, 2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi esposa Violeta por haber sido una buena compañera, que Dios te tenga en su gloria, siempre estas en mis pensamientos, a mis hijos Juan y Gabriela que me llenan de orgullo. A mis padres Salvit y Juan que siempre muestran interes en las investigaciones que realizo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. R. D.' with a stylized flourish.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al programa NASA MEaSUREs por los datos GRACE Tellus Land, a Google Earth Engine por la herramientas para el procesamiento de los datos, a la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) por los datos del índice de El Niño 3.4. y a la Universidad Nacional del Callao por el financiamiento del trabajo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. P. P.' or similar, located in the center of the page.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Descripción de la realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos	12
1.4. Limitantes de la investigación.....	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Marco	16
2.2.1. Teórico	16
Fuente: EM-DAT (International Disaster Database)	18
2.2.2. Conceptual	18
Las anomalías gravitacionales	18
El fenómeno de El Niño – Oscilación Sur	18
2.3. Definición de términos básicos	18
Geoide 18	
Agua total almacenada.....	18
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	19
3.1. Hipótesis.....	19
3.2. Definición conceptual de las variables.....	19
3.4. Operacionalización de las variables	20

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
4.2. Método de Investigación	21
4.3. Población y muestra	21
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	21
4.4.1. Área de estudio	21
4.5. Técnica e instrumentos para la recolección de información	22
4.6. Análisis y procesamiento de datos	22
4.6.1. Análisis de los datos de anomalía del Índice Niño 3.4	22
4.6.2. Análisis visual de los datos GRACE	23
CAPITULO V: RESULTADOS	48
5.1. Resultados descriptivos.....	48
5.2. Resultados inferenciales.....	48
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	48
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
Referenciales	52
ANEXO.....	56
Matriz de Consistencia	56
Base de datos GRACE Tellus de 24 regiones del Perú.....	57
.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio es el Perú.....	21
Figura 2. Serie de tiempo de los datos de temperatura del índice de el Niño 34.....	22
Figura 3. La región Tacna contiene cuatro datos GRACE por mes	23
Figura 4. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Tacna	24
Figura 5. La región Moquegua contiene cuatro datos GRACE por mes.....	24
Figura 6. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Moquegua.....	25
Figura 7. La región Puno contiene nueve datos GRACE por mes	25
Figura 8. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Puno.....	26
Figura 9. La región Arequipa contiene diez datos GRACE por mes	26
Figura 10. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Arequipa	27
Figura 11. La región Cusco contiene diez datos GRACE por mes	27
Figura 12. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Cusco.....	28
Figura 13. La región Madre de Dios contiene quince datos GRACE por mes	28
Figura 14. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Madre de Dios	29
Figura 15. La región Madre de Dios contiene cuatro datos GRACE por mes	29
Figura 16. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Apurímac	30
Figura 17. La región Ayacucho contiene nueve datos GRACE por mes	30
Figura 18. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ayacucho.....	31
Figura 19. La región Ica contiene siete datos GRACE por mes.....	31
Figura 20. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ica	32
Figura 21. La región Huancavelica contiene seis datos GRACE por mes	32
Figura 22. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Huancavelica	33
Figura 23. La región Lima contiene siete datos GRACE por mes	33
Figura 24. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Lima	34
Figura 25. La región Junín contiene nueve datos GRACE por mes.....	34
Figura 26. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Junín	35
Figura 27. La región Pasco contiene nueve datos GRACE por mes	35
Figura 28. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Pasco.....	36
Figura 29. La región Huánuco contiene nueve datos GRACE por mes	36
Figura 30. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Huánuco	37
Figura 31. La región Ucayali contiene quince datos GRACE por mes.....	37
Figura 32. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ucayali	38
Figura 33. La región Loreto contiene cuarenta y siete datos GRACE por mes	38
Figura 34. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Loreto	39

Figura 35. La región San Martín contiene siete datos GRACE por mes	39
Figura 36. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región San Martín	40
Figura 37. La región Amazonas contiene ocho datos GRACE por mes	40
Figura 38. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Amazonas	41
Figura 39. La región Ancash contiene ocho datos GRACE por mes	41
Figura 40. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ancash.....	42
Figura 41. La región La Libertad contiene siete datos GRACE por mes	42
Figura 42. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región La Libertad	43
Figura 43. La región Cajamarca contiene ocho datos GRACE por mes	43
Figura 44. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Cajamarca.....	44
Figura 45. La región Lambayeque contiene cinco datos GRACE por mes.....	44
Figura 46. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Lambayeque	45
Figura 47. La región Piura contiene ocho datos GRACE por mes.....	45
Figura 48. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Piura	46
Figura 49. La región Tumbes contiene tres datos GRACE por mes	46
Figura 50. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Tumbes	47

RESUMEN

Se analizó la variación temporal del agua total almacenada utilizando los datos del satélite GRACE, en el periodo 2004 – 2016, para las 24 regiones del Perú. Los datos muestran que los ciclos de carga y descarga del agua total almacenada es un ciclo anual, en cada una de las regiones. La tasa de incremento de agua almacenada se da de setiembre a marzo y decrece de abril a agosto, para la mayoría de las regiones. Al relacionar los datos del agua almacenada con el evento Niño fuerte del 2015/2016, se puede ver que en la mayoría de las regiones hubo un mayor incremento en el agua total almacenada. El Niño moderado 2009 - 2010 y El Niño fuerte 2015-2016, están estrechamente relacionado con un incremento de las anomalías gravitacionales.

Palabras claves: Anomalía gravitacional, El Niño, Agua almacenada.

ABSTRACT

The temporal variation of the total stored water was analyzed using data from the GRACE satellite, in the period 2004 - 2016, for the 24 regions of Peru. The data shows that the charge and discharge cycles of the total stored water is an annual cycle, in each of the regions. The increase rate of stored water occurs from September to March and decreases from April to August, for most of the regions. By relating the stored water data to the 2015/2016 El Niño strong event, it can be seen that in most regions there was a greater increase in total stored water. The moderate El Niño 2009 - 2010 and the strong El Niño 2015-2016 are closely related to an increase in gravitational anomalies.

Keywords: Gravity Anomaly, ENSO, Total Water Stored.



INTRODUCCIÓN

En este trabajo se hace un análisis detallado de la relación que tiene el fenómeno climático El Niño – Oscilación Sur y los cambios en el agua total almacenada continental haciendo énfasis en los eventos extremos ocurrido en el Perú, en el periodo 2003 - 2016. En una primera parte se hace una caracterización de la variabilidad temporal del agua total almacenada en las regiones del Perú y su relación con los eventos extremos del fenómeno de El Niño – Oscilación. En la segunda parte, se hará un análisis de serie de tiempo buscando las tendencias en el agua total almacenada.

Los modelos del campo gravitatorio de GRACE y GRACE – FO se derivan en términos de los coeficientes de Stokes de una expansión armónica esférica del potencial gravitacional a partir del análisis de las perturbaciones de la órbita gravitacional de los dos satélites GRACE utilizando GPS de alta-baja y K-banda baja-baja, a partir de estos se deducen las anomalías del campo gravitatorio mensuales son obtenidas de los datos de la misión del satélite GRACE y GRACE – FO con respecto a la variabilidad del almacenamiento de agua continental. Los datos de la misión GRACE y GRACE FO están disponibles en el periodo 2004 - 2016 y proporcionan la variación del agua total almacenada sobre los continentes con una frecuencia mensual y una resolución espacial de 100 km. Estudios similares han sido realizados en la cuenca del Amazonas [1] [2], Australia [3], India [4] entre otros países.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La presente investigación pertenece a las Ciencias de la Tierra y del Ambiente que es una de las líneas de investigación prioritaria de la Universidad Nacional del Callao, y a la disciplina Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua de la OCDE.

El agua total almacenada sobre los continentes esta relacionado con los flujos de agua, la transferencia de energía y juega un papel importante en las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera asi como su relación con el fenómeno de El Niño – Oscilación Sur es de gran importancia para hacer pronósticos de eventos extremos como sequía e inundaciones que impactan sobre la economía y el bienestar social del Perú.

1.2. Formulación del problema

La variabilidad del agua total almacenada es medido a partir de las anomalías gravitacionales registrados por los satélites gemelos GRACE, con una resolución espacial de 1° (~110 km) y una resolución temporal mensual. El agua total almacenada es sensible al cambio climático, a las actividades antropogénicas y eventos hidrológicos extremos, por lo que la presente investigación se plantea las siguientes preguntas:

Pregunta general:

- ¿Cómo afectan los eventos extremos del fenómeno de El Niño – Oscilación Sur, en el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016?

Preguntas específicas:

- ¿Cuál es el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016?



- ¿Cuál es la tendencia del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016?

1.3. Objetivos

De acuerdo con las preguntas de investigación se han propuesto los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Explicar el impacto de los eventos extremos del fenómeno de El Niño – Oscilación Sur, en el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 – 2016.



Objetivos específicos:

- Explicar las variaciones internuales y estacionales del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016.
- Analizar la tendencia del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 – 2016.

1.4. Limitantes de la investigación

La presente investigación tiene un alcance sobre las Regiones del Perú y en un periodo de 2004 al 2016, los datos corresponden a los registrados por los satélites GRACE durante su operatividad. No se disponen de datos hidrológicos in situ, como la variación del nivel estático de pozos inventariados, variaciones de las masas de agua en lagos y lagunas, por lo que no pudo ser usados para contraste de los resultados.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO




2.1. Antecedentes

En América del Sur se realizaron estudios de las variaciones del agua total almacenada usando datos de los satélites GRACE sobre América del Sur muestran que estas variaciones se atribuyen principalmente a los cambios en las masas de aguas superficiales y subterráneas, se observa una notable diferencia en las variaciones de agua almacenada entre la gran cuenca del Amazonas y las cuencas más pequeñas del norte. Los datos GRACE revelan una estación muy seca en 2002-2003 y una extremadamente húmeda en 2009. Los cambios interanuales de almacenamiento total de agua en la cuenca del Amazonas están estrechamente relacionados con los eventos del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENSO) en el Pacífico tropical. La estación seca de 2002-2003 está claramente ligada a El Niño de 2002-2003 y la inundación de 2009 al evento de La Niña, [2].


En la India, sobre los estados de Rajasthan, Punjab y Haryana (incluida Delhi), se midió el agotamiento del agua total almacenada a una tasa promedio de 4.0 ± 1.0 cm/año utilizando los datos GRACE y modelos hidrológicos, para un periodo de agosto de 2002 a octubre de 2008, encontraron que la pérdida de agua subterránea fue de aproximadamente 109 km^3 . Notaron que la humedad del suelo, las aguas superficiales, nieve, glaciares y biomasa no contribuyeron significativamente a la disminución del agua total almacenada. Sugieren que la causa del agotamiento son el consumo intensivo de agua subterránea para riego y otros usos antropogénicos, [4].

En el Valle Central de California estimaron los cambios de almacenamiento de agua en las cuencas de los ríos Sacramento y San Joaquín de California, en un periodo de 78 meses 10/2003 a 03/ 2010 usando datos de la misión GRACE para.


Encontraron que las cuencas están perdiendo agua, la mayoría de estas pérdidas se deben al agotamiento del agua subterránea en el Valle Central, [5].



En la región del noroeste de la India se analizó la variación de almacenamiento de agua subterránea en un periodo de 10 años, utilizando los datos de la misión GRACE y un método de modelado directo global sin restricciones. Se observó que desde el 01/ 2003 a 12/ 2012, el agua subterránea ha disminuido a una tasa de $\sim 20,4 \pm 7,1$ Gt/año y $29,4 \pm 8,4$ Gt/año durante los primeros cinco años. Los cambios anuales del agua total almacenada están fuertemente correlacionados con la precipitación, [4].



En las regiones áridas de Etiopía se analizaron la variabilidad interanual y estacional de los cambios en el agua total almacenada, las precipitaciones y la humedad del suelo, usando los datos GRACE, TRMM y GLDAS, en el periodo 2003 - 2011. Los resultados muestran una disminución en el agua total almacenada. También observaron el impacto de la estacionalidad de las lluvias sobre los ciclos de carga y descarga del agua total almacenada. Aplicaron un análisis de componentes principales a los cambios de agua total almacenada, la humedad del suelo y las variaciones de lluvia. Un análisis de correlación cruzada entre el agua total almacenada y la precipitación evidencia un retraso de una serie respecto de otra, [6].



En la Cuenca del Plata en América del Sur se analizaron la relación entre la humedad del suelo con las variaciones del agua total almacenada de la misión GRACE, también se observó el impacto de los eventos hidrológicos extremos de la base de datos internacional de desastres EM-DAT. Para el análisis de los datos usaron técnicas de correlación cruzada y componentes principales. Los resultados muestran que la mayoría la variabilidad de la humedad del suelo están relacionadas con períodos de el fenómeno de El Niño- Oscilación Sur, [7].

En Victoria - Australia se analizó los datos GRACE y mediciones in situ del nivel del agua subterránea de una red de 1395 pozos de agua subterránea, determinaron que el agua subterránea disminuyó de manera constante, hasta que se produjo una inversión a inicios del año 2010, atribuida a dos estaciones más húmedas en 2010 y 2011. Encontraron que los datos GRACE y los datos in situ tienen una notable concordancia por lo que sugieren utilizar los datos GRACE para cuantificar los cambios en el agua subterránea a nivel regionales, [3].

En la cuenca del Nilo se analizó la variabilidad del agua total almacenada usando los datos GRACE y los datos de la Misión de medición de lluvia tropical (TRMM) observaron una tendencia creciente en la masa de agua estacional en toda la cuenca del Nilo en el período 2003 - 2016. [8].



2.2. Marco

2.2.1. Teórico

El campo gravitacional terrestre

El campo gravitacional de la Tierra se expresa en términos de la forma de una superficie equipotencial que coincide con el nivel medio de la superficie del océano, llamado geoide $N(\theta, \phi)$ y que se puede expresar como la suma de funciones de Legendre asociadas normalizadas :

$$N(\theta, \phi) = a \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \bar{P}_{lm}(\cos\theta)(C_{lm} \cos m\phi + S_{lm} \sin m\phi) \quad (1)$$

Donde θ es colatitud, ϕ es la longitud, a es el radio medio de la Tierra, C_{lm} y S_{lm} son los coeficientes adimensionales de Stokes. \bar{P}_{lm} son los polinomios asociados de Legendre normalizados.

La misión GRACE y GRACE FO



La misión GRACE administrada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos y la Deutsche Forschungsanstalt für Luft und Raumfahrt (DLR) de Alemania, tiene como objetivo modelar el geoide a partir de las variaciones temporales del campo gravitacional terrestre. Las variaciones del campo gravitacional son registradas por dos satélites gemelos llamados GRACE. Las anomalías gravitacionales continentales están relacionadas con los cambios del agua total almacenada las que se dividen en dos componentes: cambios de origen natural (N) y cambios de origen antropogénico (A) de acuerdo con la Ecuación (2).

$$\Delta S_{N+A} = \Delta(SW + SWE + SM + GW)_{N+A} \quad (2)$$

Donde S es la cantidad total de agua almacenada, SW es agua superficial, SWE es equivalente de agua de la nieve, SM es la humedad del suelo y GW es el agua subterránea.

Los datos GRACE Tellus - Land mensuales proporcionan las anomalías gravitacionales mensuales en centímetros de espesor de agua equivalente o LWE (LWE, level water equivalent). Estos datos son procesados por tres centros terrestres: CSR (U. Texas/Center for Space Research), GFZ (GeoForschungsZentrum Potsdam) y JPL (NASA Jet Propulsion Laboratory, cada centro procesa los datos a partir de los coeficientes armónicos esféricos del geopotencial. Estos datos están disponibles en <http://grace.jpl.nasa.gov>, soportado por el programa NASA MEaSUREs, [9], [10], [11], [12].



Utilizando los datos ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) se eliminan la masa de la atmosfera contenida en los datos GRACE Tellus Land preservar mejor las características geofísicas de la Tierra. Por lo que las variaciones temporales del campo gravitacional se atribuyen principalmente a las variaciones de la masa en los reservorios naturales y artificiales, aguas superficiales y subterráneas en el área de estudio, [13], [14].

En este trabajo de investigación se ha utilizado el promedio de los datos mensuales proporcionados por los tres centros, CSR, GFZ y JPL, sobre 24 regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016, los datos pueden verse en el Anexo.

El índice Niño 3.4

El índice Niño 3.4 es utilizado para definir los eventos de el fenómeno de El Niño, este índice se basan en las temperatura superficial del mar. Los datos utilizados en este trabajo fueron descargados de la NOAA, en su página [https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/for info](https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/for%20info), [15].

2.2.2. Conceptual

Las anomalías gravitacionales

Las anomalías gravitacionales es la diferencia del campo gravitacional medido menos el promedio de un periodo de tiempo. Las anomalías gravitacionales muestran las variaciones del campo gravitacional sobre la superficie de la Tierra. Las anomalías gravitacionales son originadas por los cambio de masa en una cierta región. Las cadenas montañosas como los andes peruanos generalmente producen anomalías gravitacionales positiva y las fosas oceánicas producen anomalías gravitacionales negativa. Las anomalías gravitacionales se miden en espesor de agua equivalente, usualmente en centímetros o milímetros, [13], [14].

El fenómeno de El Niño – Oscilación Sur

Históricamente, el fenomeno de El Niño se refería a la aparición de aguas inusualmente cálidas frente a la costa de Perú y más recientemente el término ha llegado a ser considerado como sinónimo del fenómeno de toda la cuenca. Las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico tropical fluctúan de manera un tanto irregular entre la fase cálida de El Niño y la fase fría conocida como La Niña. La fase más intensa de cada evento suele durar alrededor de un año, [16], [17].

2.3. Definición de términos básicos

Geoide

El geoide es una superficie equipotencial que define la horizontal en cualquier lugar y el vector gravedad es perpendicularmente a ella. El geoide es modelado usando datos satelitales y de superficie.

Agua total almacenada

El agua total almacenada en los continentes se refiere principalmente a la suma del agua superficial, al agua equivalente de la nieve, la humedad del suelo y el agua subterránea.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

De acuerdo al problema de investigación se han planteado las siguientes hipótesis:

Hipótesis general:

- Existe una relación entre los eventos moderados y fuertes de El Niño en el agua total almacenada en cada una de la regiones del Perú, en el periodo 2004 - 2016.

Hipótesis específicas:

- El agua total almacenada presentan ciclos anuales, con fluctuaciones entre valores máximos y mínimos intranual en cada una de las regiones del Perú, en el periodo 2004 - 2016.
- Los eventos El Niño moderado y fuerte tiene una tendencia en el incremento del agua total almacenada en las regiones del Perú, en el periodo 2002 - 2016.

3.2. Definición conceptual de las variables

Variable Independiente (X)

La variable independiente es el evento de El Niño, en este caso se consideraron los eventos moderados y fuertes del fenómeno de El Niño. El indicador de esta variable es el índice de Niño 3.4, que utiliza la temperatura superficial del mar en la región 3 y 4.

$X = \text{índice de Niño 3.4 (en } ^\circ\text{C)}$

Variable Dependiente (Y)

La variable dependiente es el agua total almacenada de cada una región del Perú. El agua total almacenada se mide a partir de los cambios en la anomalía gravitatoria,

se mide en equivalente de espesor de agua, en centímetros y es proporcionado por la Misión GRACE.

Y = equivalente de espesor de agua (en cm)

3.4. Operacionalización de las variables

Las variables X e Y se miden en una frecuencia mensual desde el año 2004 al 2016 y se busca establecer relaciones entre estas variables.

X --> Y

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada es descriptiva en la medida que se describe la variación anual y estacional de los datos GRACE, es relacional debido a que busca encontrar una relación entre variaciones del agua total almacenada con eventos de El Niño y La Niña en una de las regiones del Perú.

La investigación es no experimental puesto que no hay manipulación de las variables de estudio se analizan los datos registrados entre el 2004 y el 2016.

4.2. Método de Investigación

Se realizó un análisis de las series de tiempo de las anomalías gravitacionales y del índice Niño 3.4. Buscando estacionalidad y tendencia.

4.3. Población y muestra

La población son todas las 24 regiones del Perú, dado que son una cantidad medible el análisis estadístico se realiza sobre toda la población, es decir la muestra es la población en si misma.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

4.4.1. Área de estudio

El área de estudio es el Perú y sus 24 regiones, Figura 1.

Figura 1. Área de estudio es el Perú



Fuente: Adaptado de <https://www.google.com/maps>

4.5. Técnica e instrumentos para la recolección de información

La técnica de recolección de datos es observacional, los datos se recogen mediante sensores montados en los satélites. Los datos son enviados a centros de procesamiento y publicados para su descarga uso de la comunidad científica

4.6. Análisis y procesamiento de datos

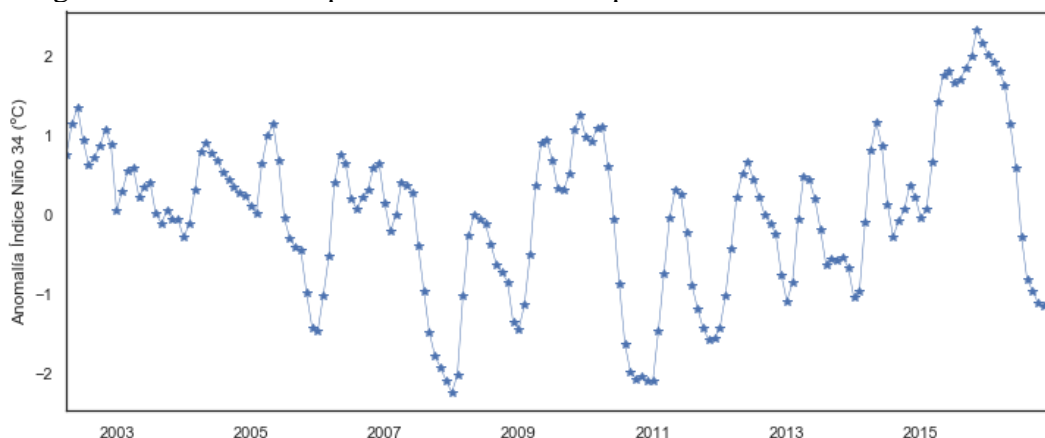
4.6.1. Análisis de los datos de anomalía del Índice Niño 3.4

Se descargaron los datos de temperatura para obtener el índice del Niño 3.4 e identificar eventos extremos de El Niño, para el periodo analizado 2004 - 2016 se identificaron cuatro eventos de El Niño y La Niña, el cual se aprecia con las anomalías positivas y negativas de la temperatura en la serie de tiempo del índice Niño 3.4, , Figura 4.2.

- Evento debil La Niña en 2008/2009.
- Evento moderado de El Niño en 2009/2010
- Evento fuerte de La Niña en 2010/2011
- Evento fuerte de El Niño en 2015/2016,



Figura 2. Serie de tiempo de los datos de temperatura del índice de el Niño 3.4



4.6.2. Análisis visual de los datos GRACE

Se calculó el promedio de los datos de anomalía gravitacional sobre el área de estudio para el periodo 2004 al 2016, se realizó una imputación estadística para completar los meses sin datos. La serie muestra variaciones positivas y negativas de las anomalías gravitacionales, resaltando los eventos del fenómeno del Niño en cada región.

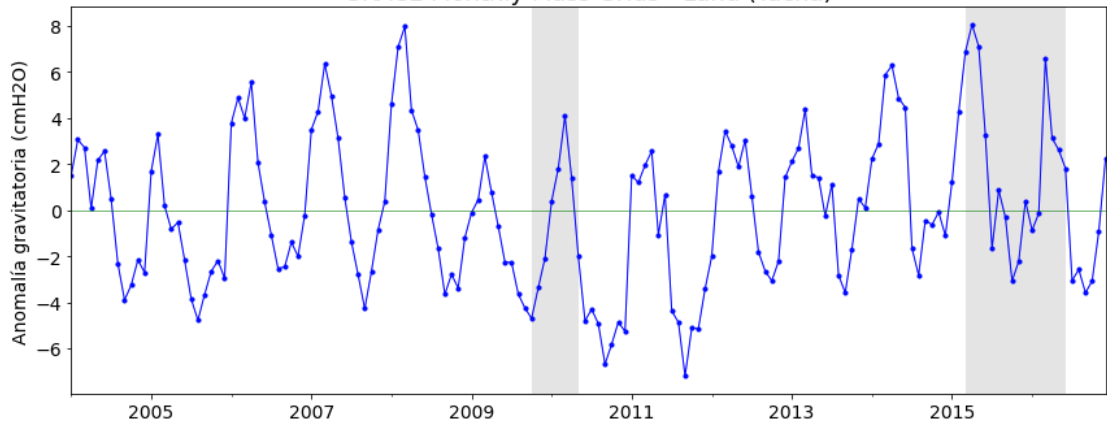
Región Tacna

Sobre la Región Tacna se dispone de cuatro datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 3. Se calculó el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 4.

Figura 3. La región Tacna contiene cuatro datos GRACE por mes



Figura 4. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Tacna
GRACE Monthly Mass Grids - Land (Tacna)



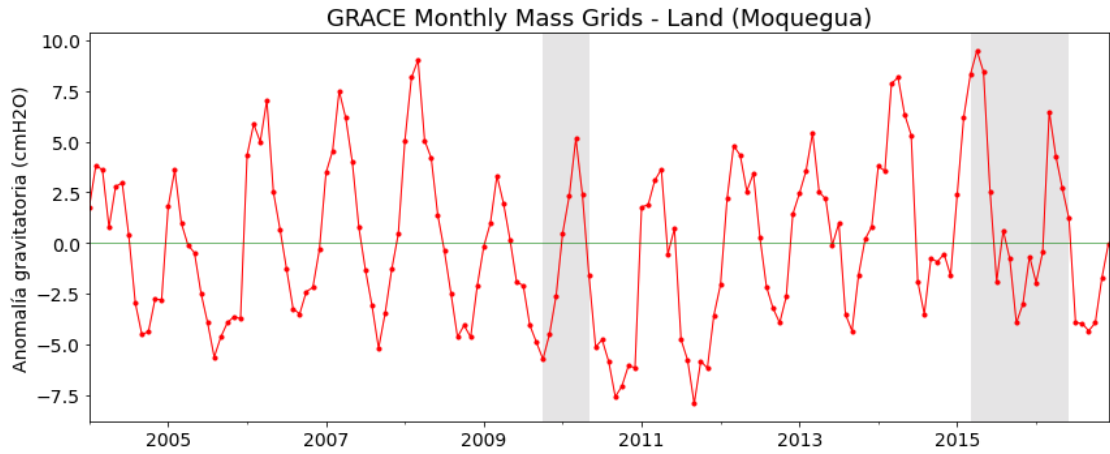
Región Moquegua

Sobre la Región Tacna se dispone de cuatro datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 5. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 6.

Figura 5. La región Moquegua contiene cuatro datos GRACE por mes



Figura 6. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Moquegua



Región Puno

Sobre la Región Puno se dispone de nueve datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 7. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 8.

Figura 7. La región Puno contiene nueve datos GRACE por mes

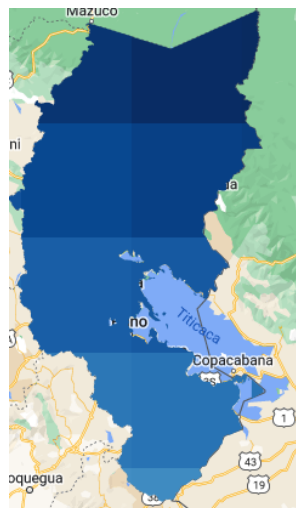
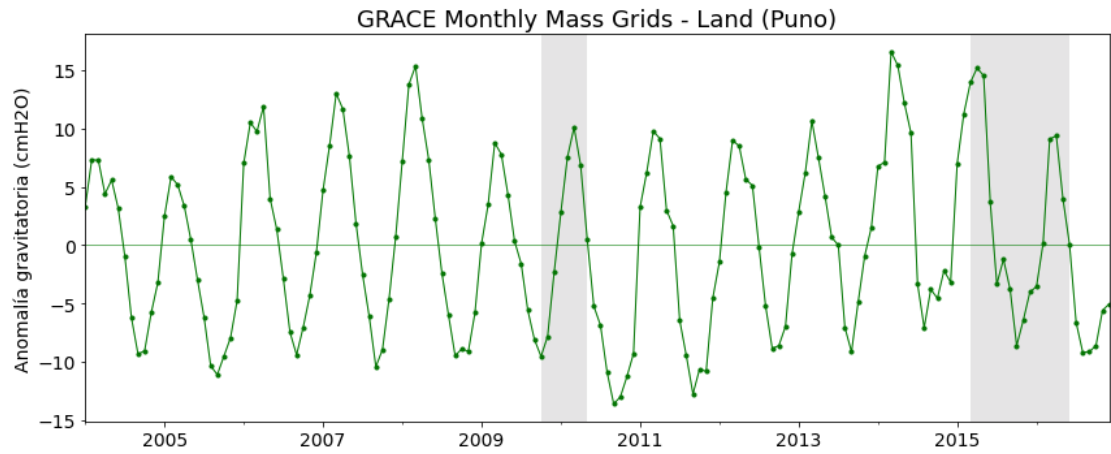


Figura 8. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Puno



Región Arequipa

Sobre la Región Arequipa se dispone de diez datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 9. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 10.

Figura 9. La región Arequipa contiene diez datos GRACE por mes

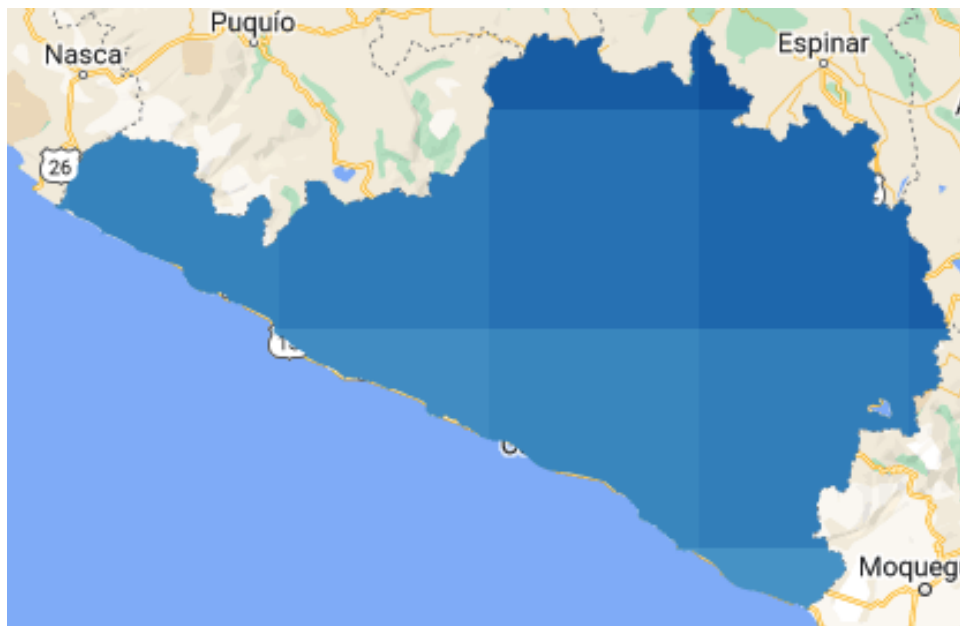
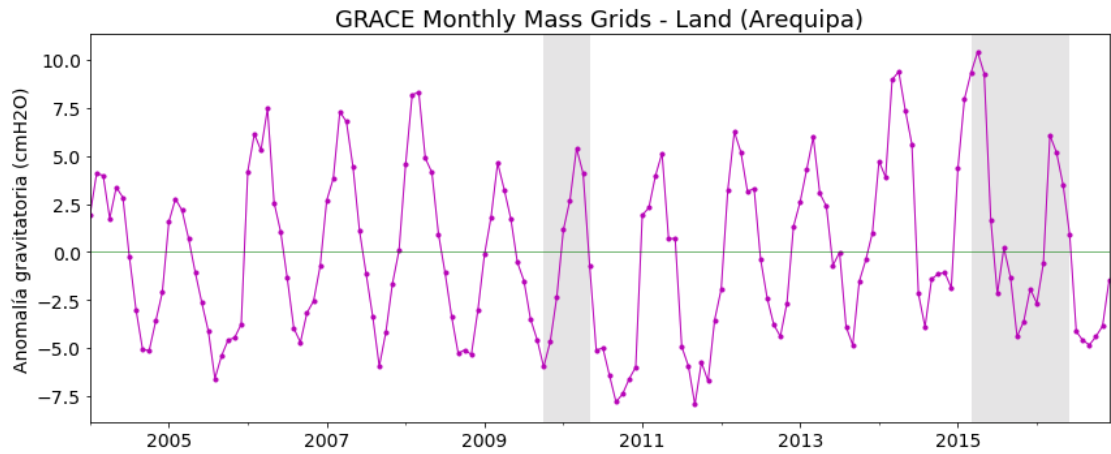


Figura 10. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Arequipa



Región Cusco

Sobre la Región Cusco se dispone de diez datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 11. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 12.

Figura 11. La región Cusco contiene diez datos GRACE por mes

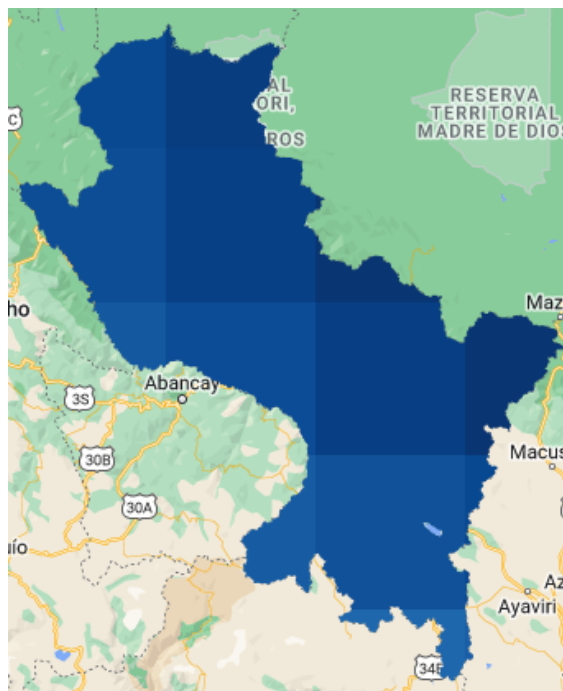
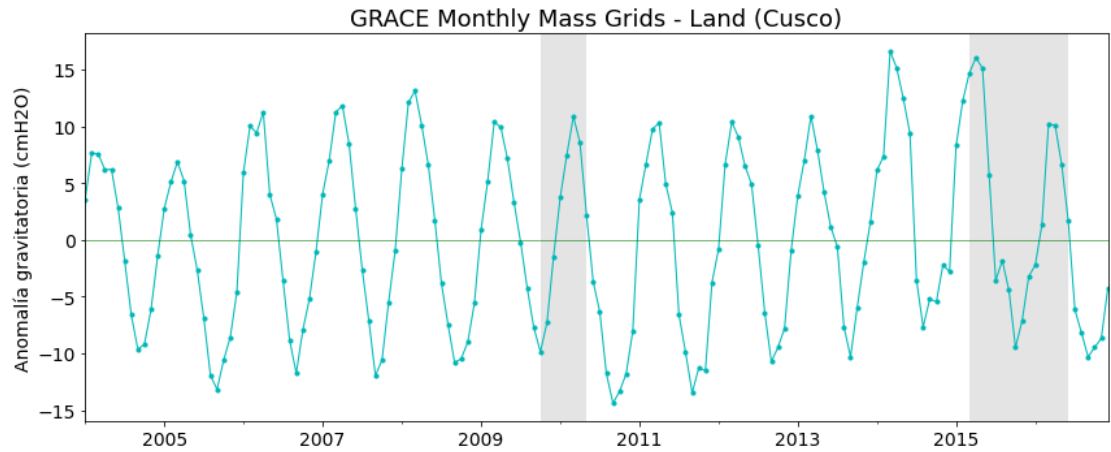


Figura 12. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Cusco



Región Madre de Dios

Sobre la Región Madre de Dios se dispone de quince datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 13. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 14.

Figura 13. La región Madre de Dios contiene quince datos GRACE por mes

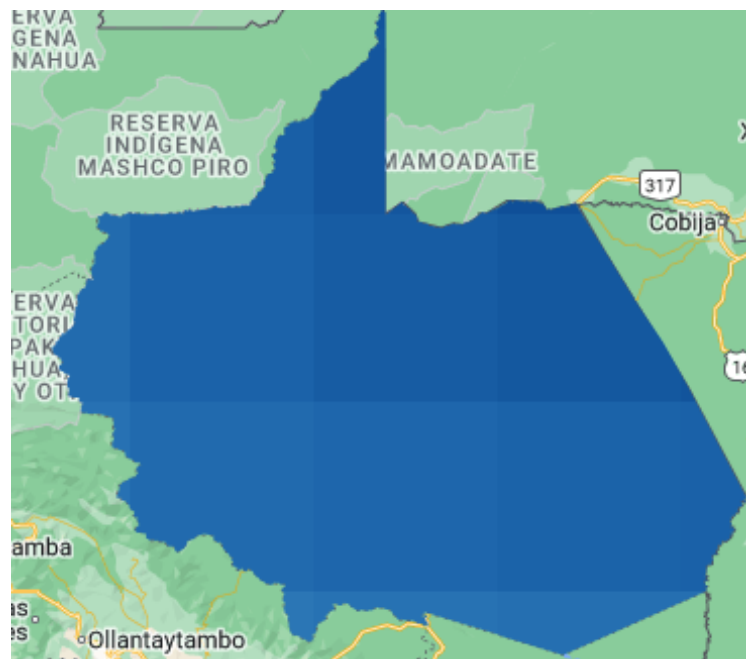
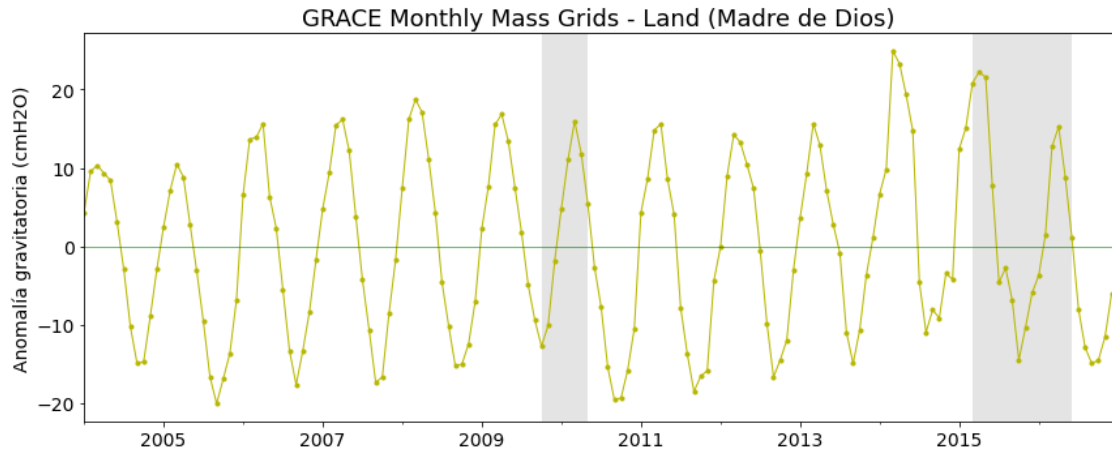


Figura 14. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Madre de Dios



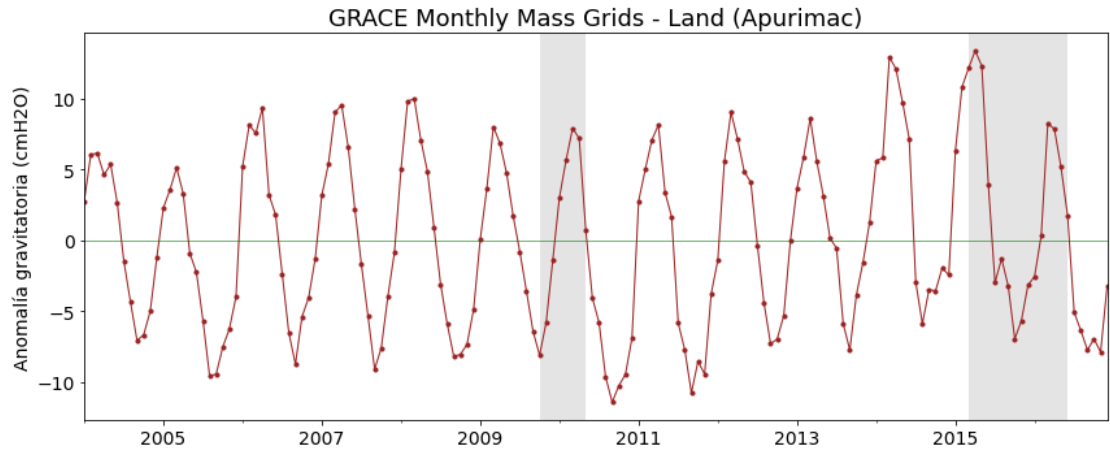
Región Apurímac

Sobre la Región Apurímac se dispone de cuatro datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 15. Se calculó el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 16.

Figura 15. La región Madre de Dios contiene cuatro datos GRACE por mes



Figura 16. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Apurímac



Región Ayacucho

Sobre la Región Ayacucho se dispone de nueve datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 17. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 18.

Figura 17. La región Ayacucho contiene nueve datos GRACE por mes

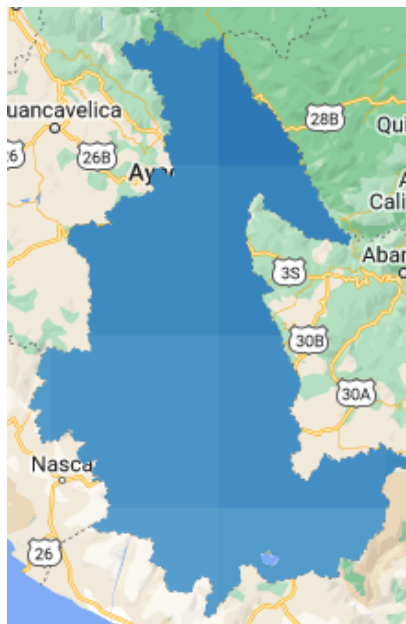
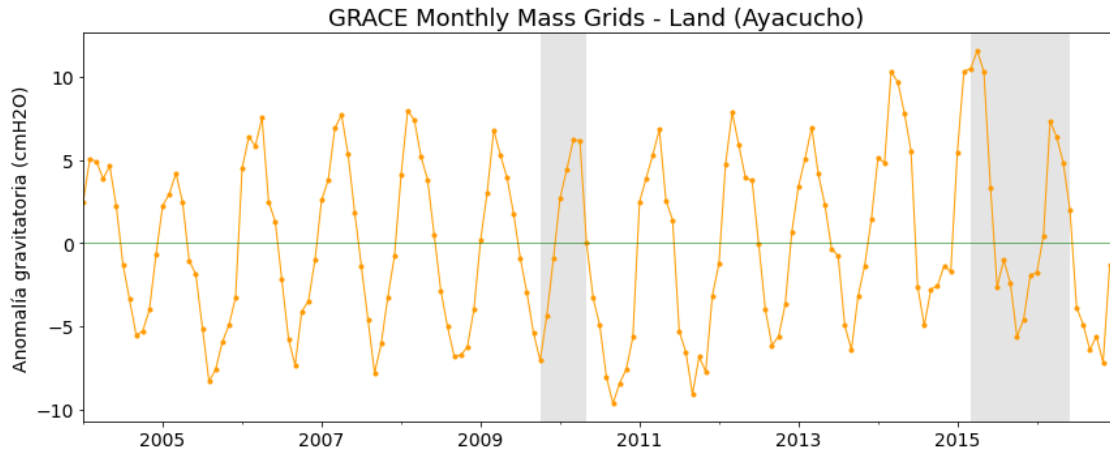


Figura 18. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ayacucho



Región Ica

Sobre la Región Ica se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 19. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 20.

Figura 19. La región Ica contiene siete datos GRACE por mes

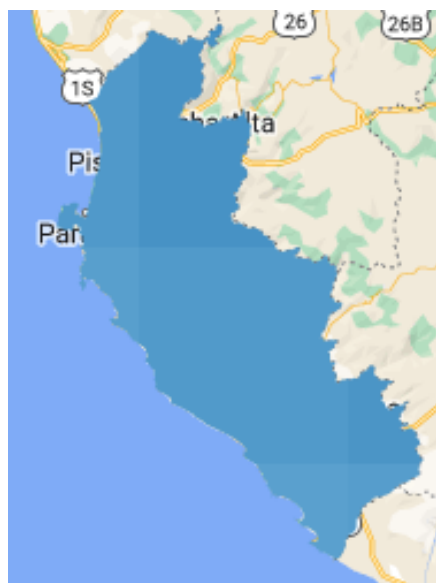
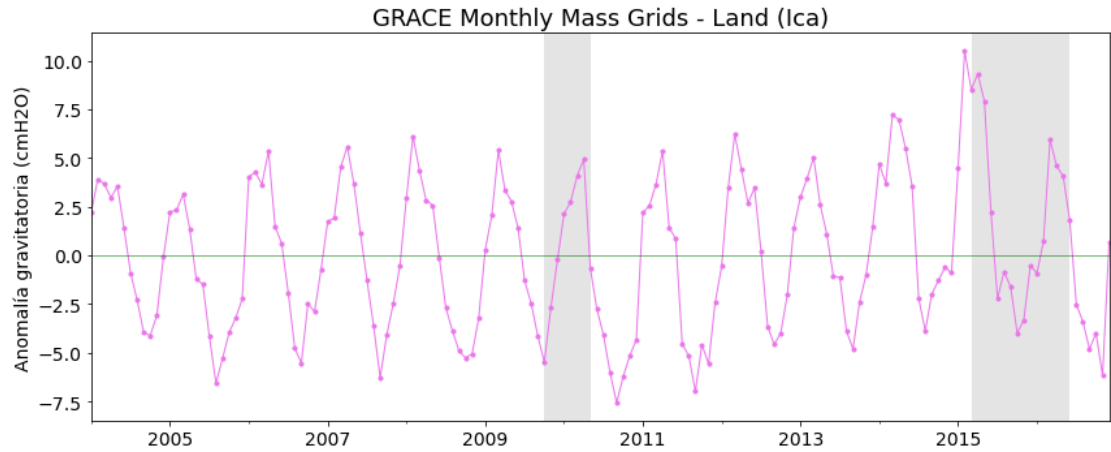


Figura 20. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ica



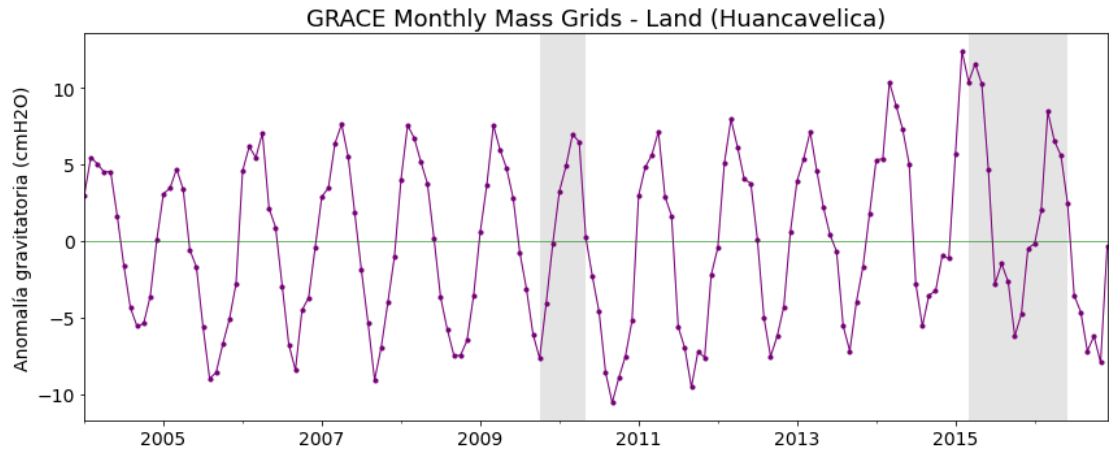
Región Huancavelica

Sobre la Región Huancavelica se dispone de seis datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 21. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 22.

Figura 21. La región Huancavelica contiene seis datos GRACE por mes



Figura 22. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Huancavelica



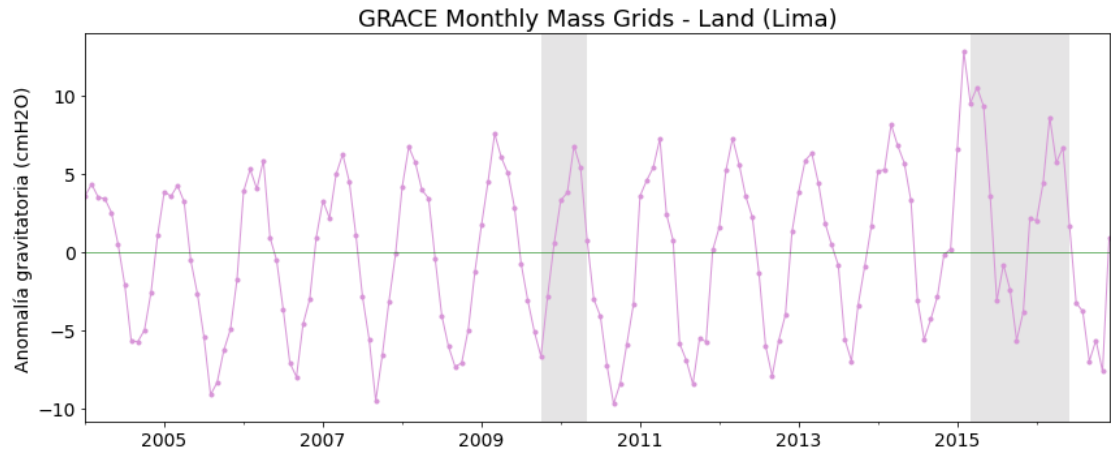
Región Lima

Sobre la Región Lima se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 23. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 24.

Figura 23. La región Lima contiene siete datos GRACE por mes



Figura 24. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Lima



Región Junín

Sobre la Región Junín se dispone de nueve datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 25. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 26.

Figura 25. La región Junín contiene nueve datos GRACE por mes

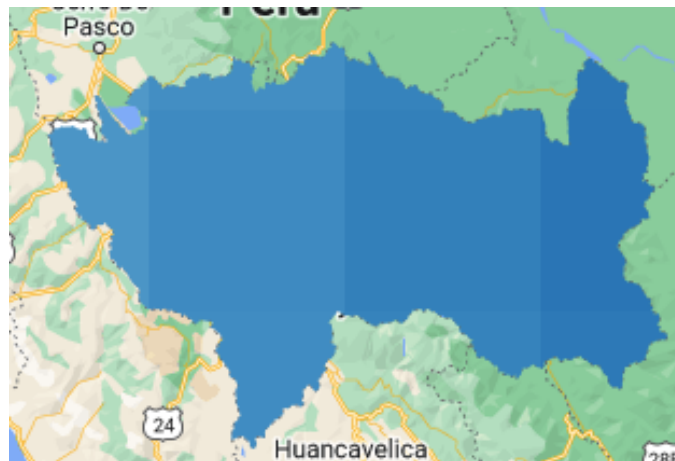
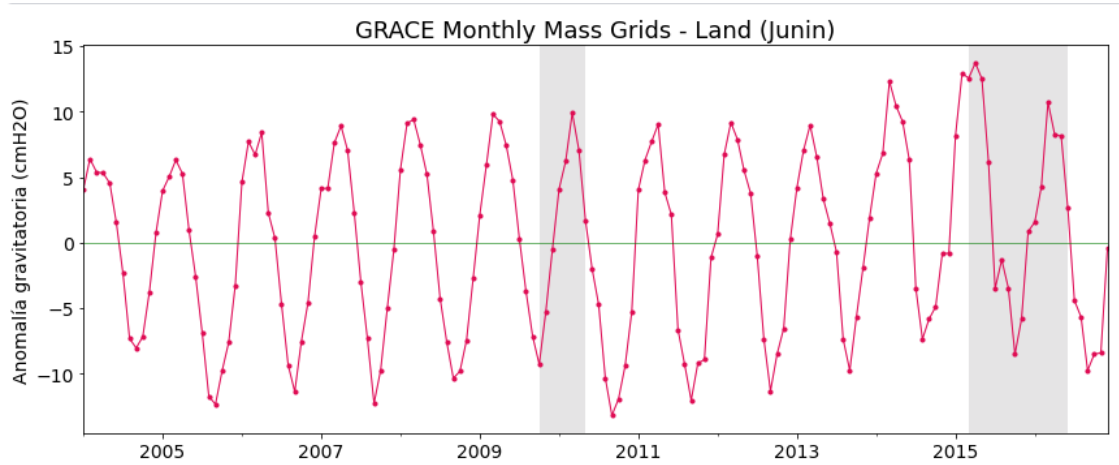


Figura 26. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Junín



Región Pasco

Sobre la Región Pasco se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 27. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 28.

Figura 27. La región Pasco contiene nueve datos GRACE por mes

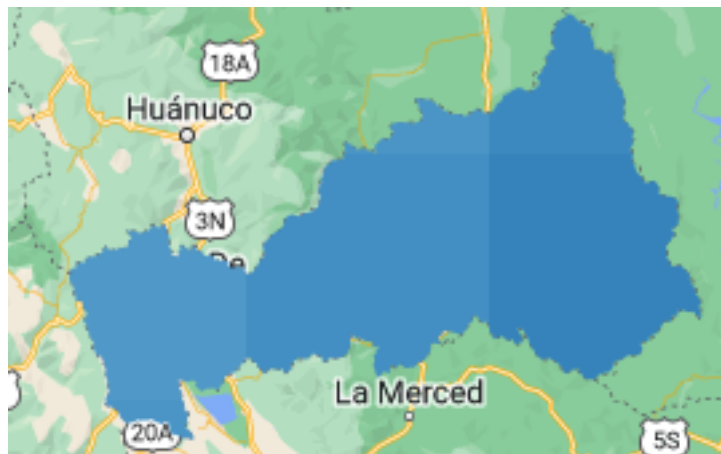
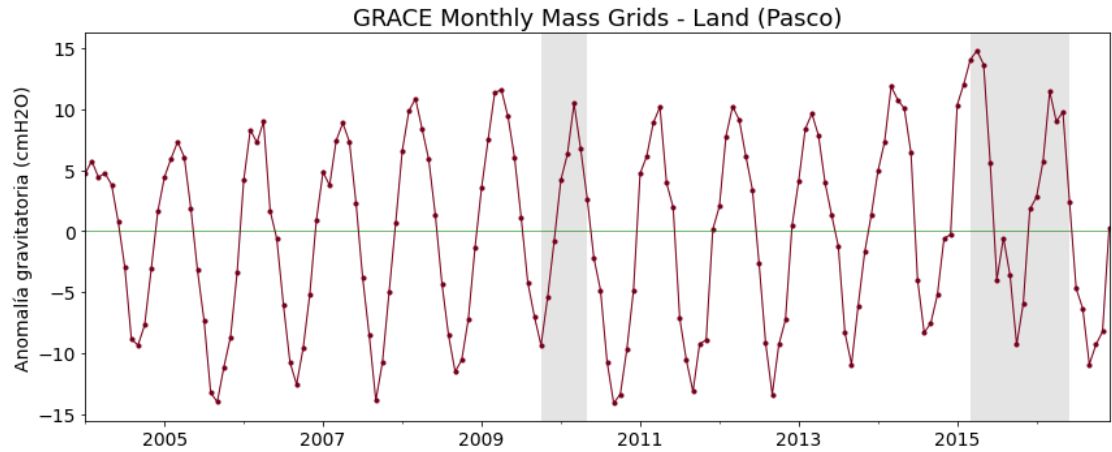


Figura 28. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Pasco



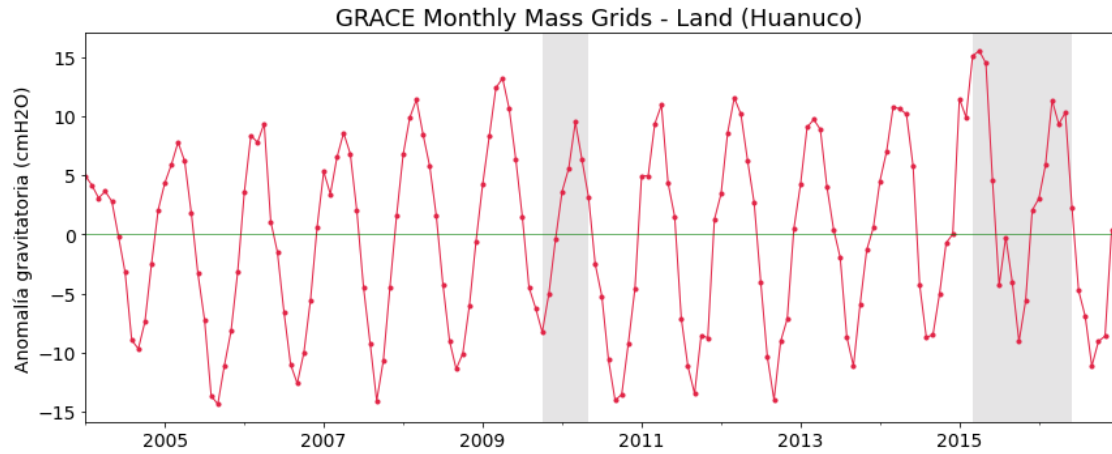
Región Huánuco

Sobre la Región Huánuco se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 29. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 30.

Figura 29. La región Huánuco contiene nueve datos GRACE por mes



Figura 30. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Huánuco



Región Ucayali

Sobre la Región Ucayali se dispone de quince datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 31. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 32.

Figura 31. La región Ucayali contiene quince datos GRACE por mes

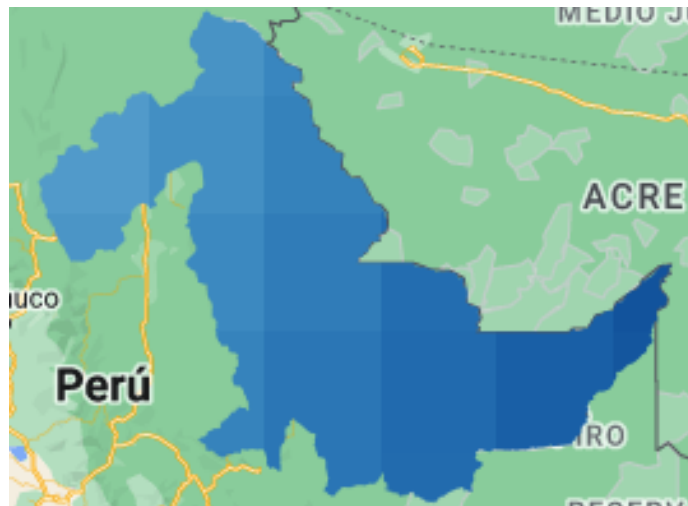
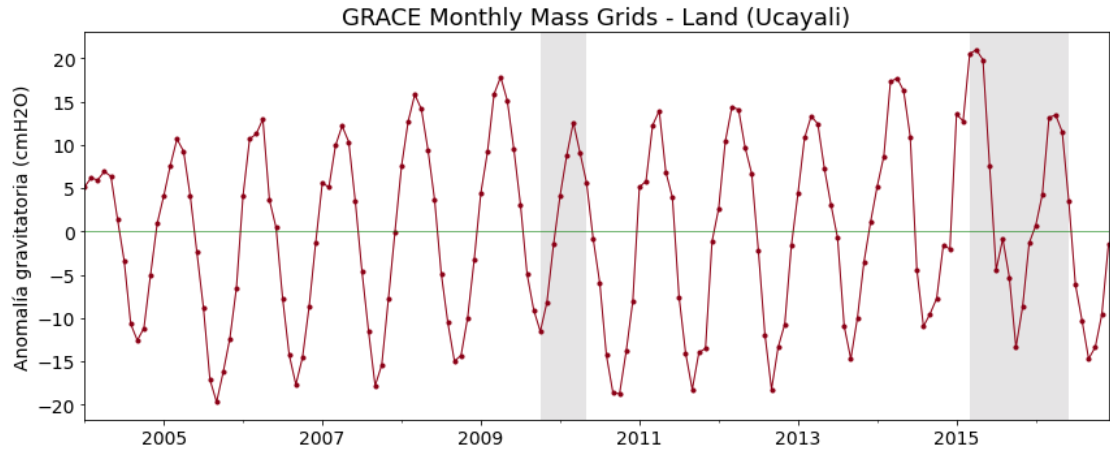


Figura 32. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ucayali



Región Loreto

Sobre la Región Loreto se dispone de cuarenta y siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 33. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 34.

Figura 33. La región Loreto contiene cuarenta y siete datos GRACE por mes

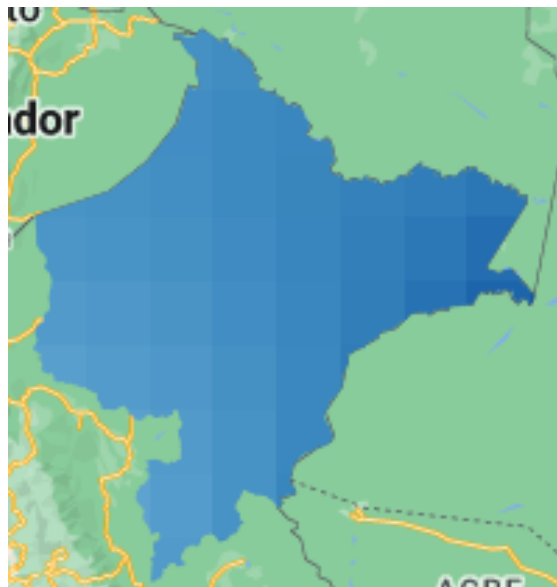
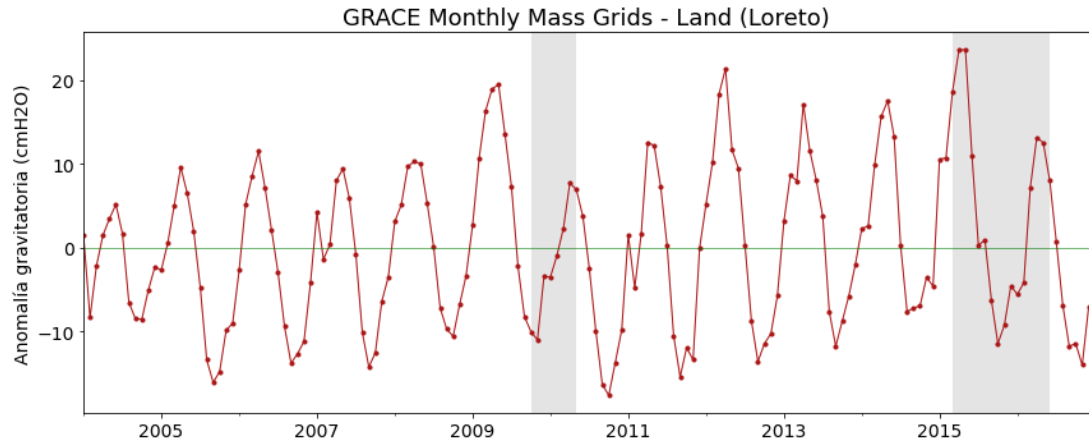


Figura 34. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Loreto



Región San Martín

Sobre la Región San Martín se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 35. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 36.

Figura 35. La región San Martín contiene siete datos GRACE por mes

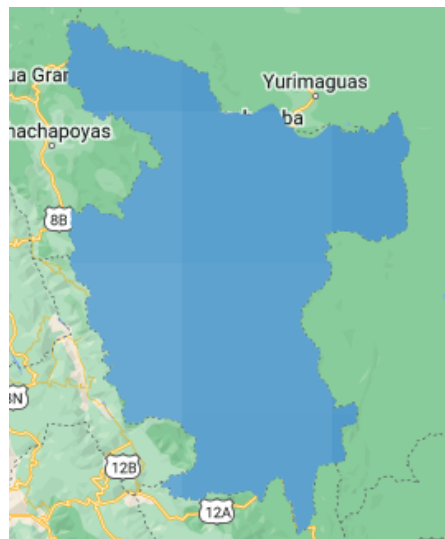
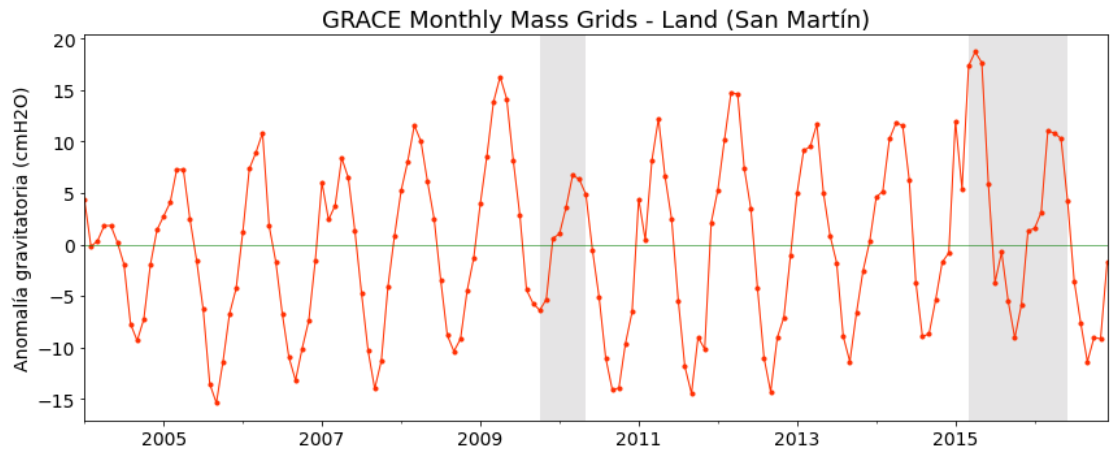


Figura 36. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región San Martín



Región AMAZONAS

Sobre la Región Amazonas se dispone de ocho datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 37. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 38.

Figura 37. La región Amazonas contiene ocho datos GRACE por mes

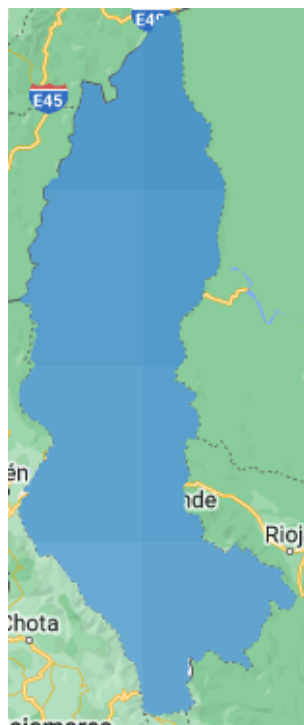
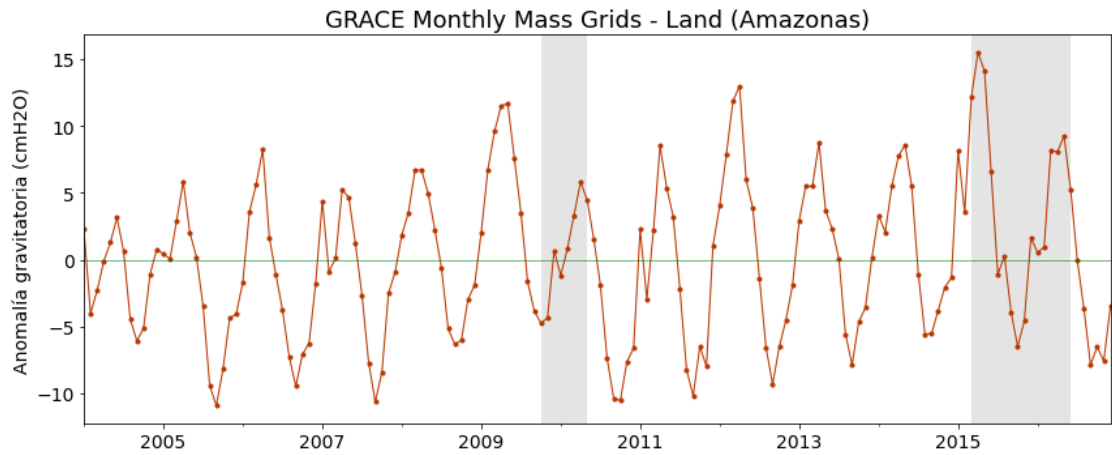


Figura 38. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Amazonas



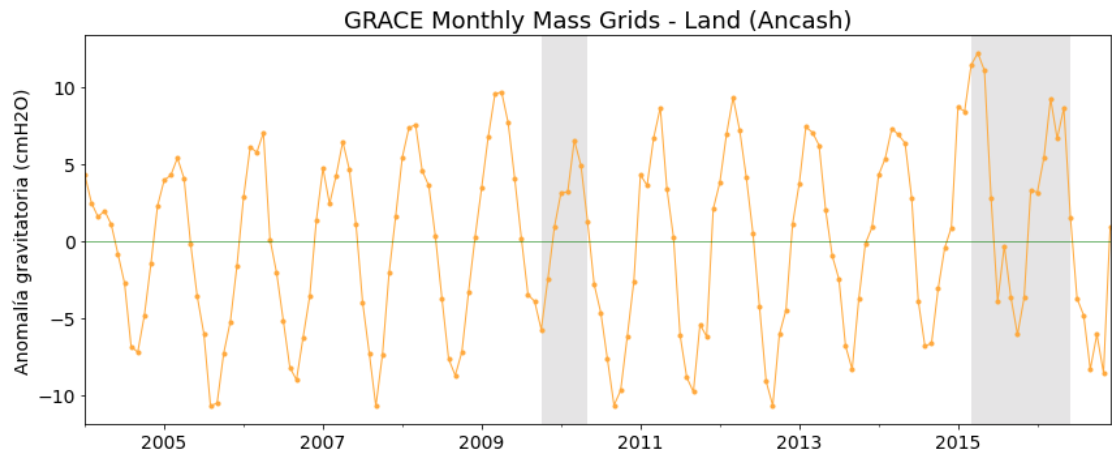
Región Ancash

Sobre la Región Ancash se dispone de ocho datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 39. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 40.

Figura 39. La región Ancash contiene ocho datos GRACE por mes



Figura 40. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Ancash



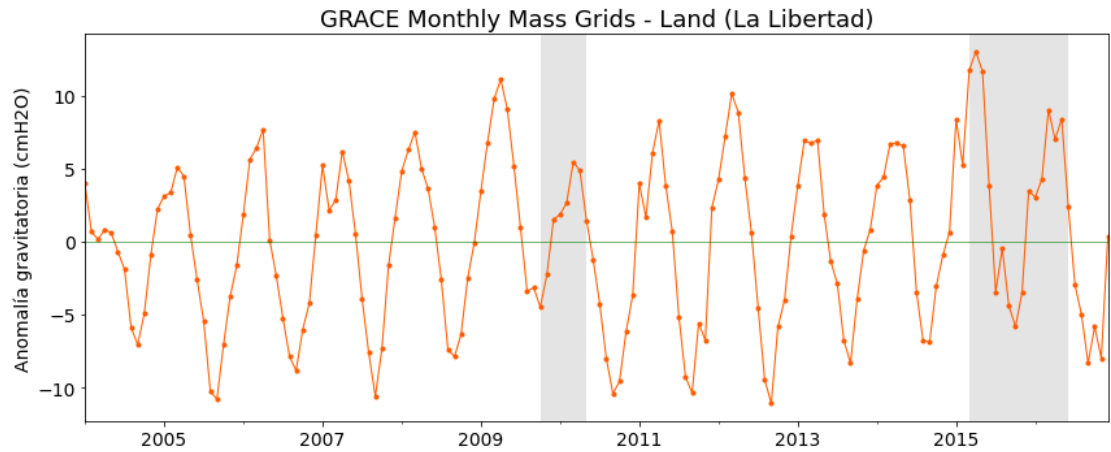
Región La Libertad

Sobre la Región La Libertad se dispone de siete datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 41. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 42.

Figura 41. La región La Libertad contiene siete datos GRACE por mes



Figura 42. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región La Libertad



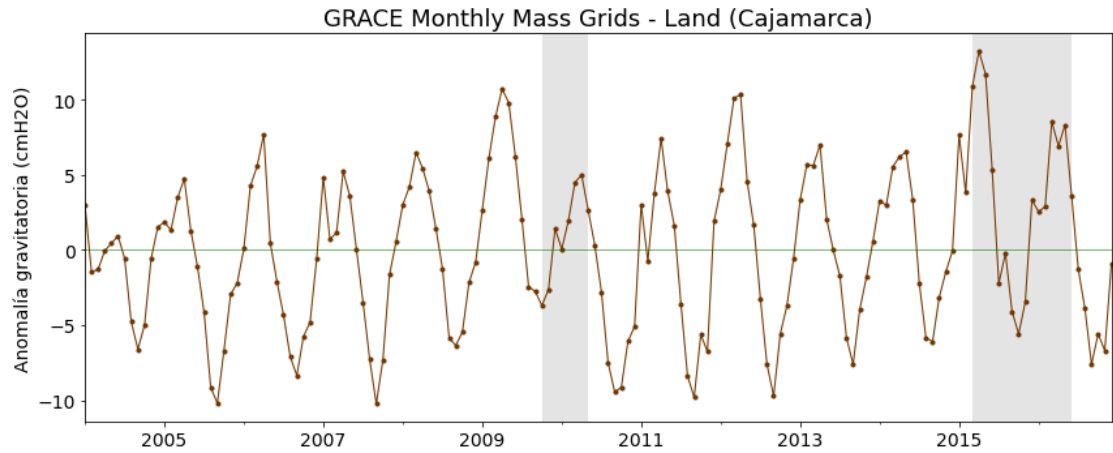
Región Cajamarca

Sobre la Región Cajamarca se dispone de ocho datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 43. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 44.

Figura 43. La región Cajamarca contiene ocho datos GRACE por mes



Figura 44. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Cajamarca



Región Lambayeque

Sobre la Región Lambayeque se dispone de cinco datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 45. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 46.

Figura 45. La región Lambayeque contiene cinco datos GRACE por mes

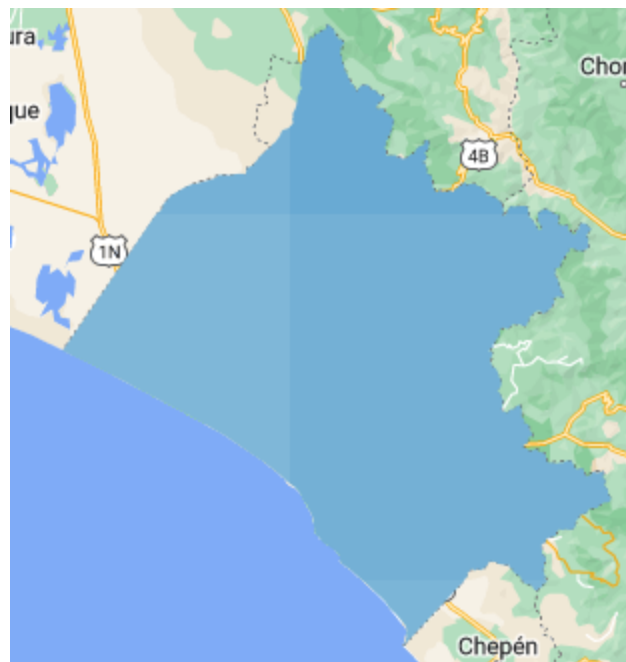
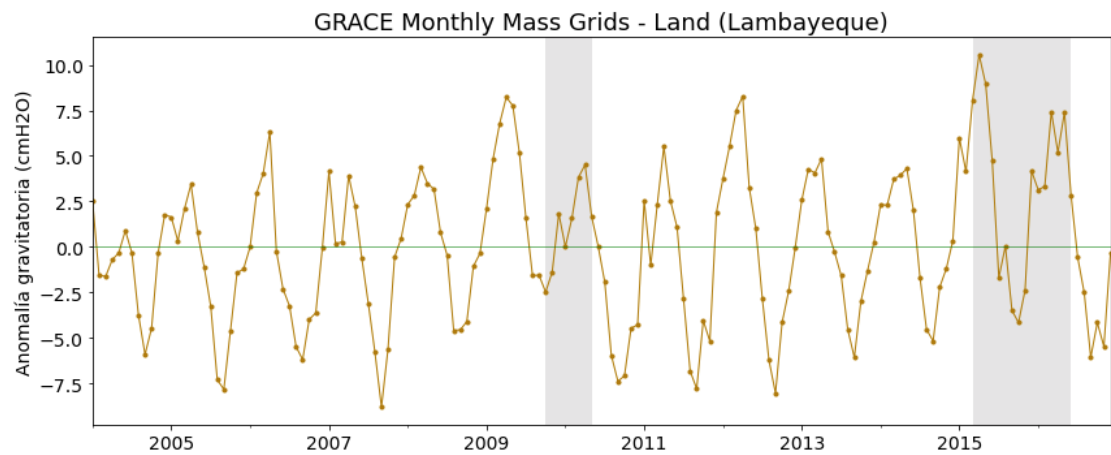


Figura 46. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Lambayeque



Región Piura

Sobre la Región Piura se dispone de ocho datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 47. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 48.

Figura 47. La región Piura contiene ocho datos GRACE por mes

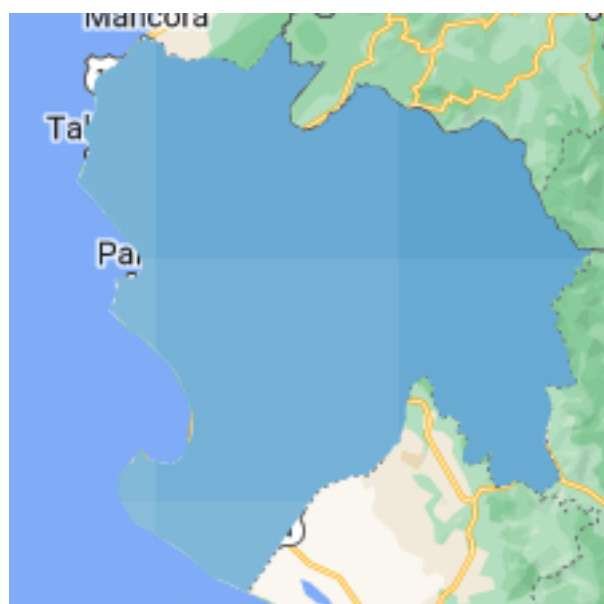
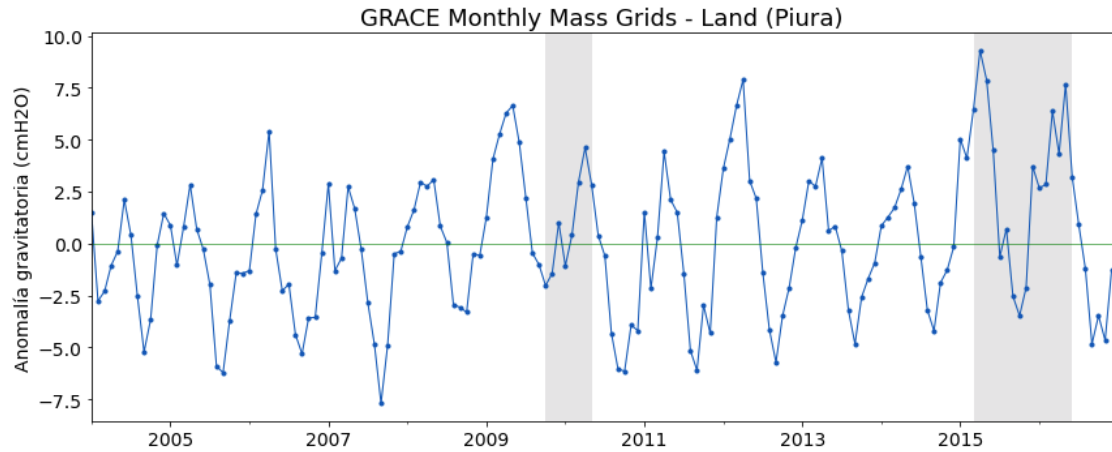


Figura 48. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Piura



Región Tumbes

Sobre la Región Tumbes se dispone de tres datos GRACE Tellus Monthly Mass Grids-Land, por mes, como se aprecia en la Figura 49. Se calculo el promedio espacial de los datos GRACE para cada uno de los meses comprendido entre el 2004 – 2016, Figura 50.

Figura 49. La región Tumbes contiene tres datos GRACE por mes

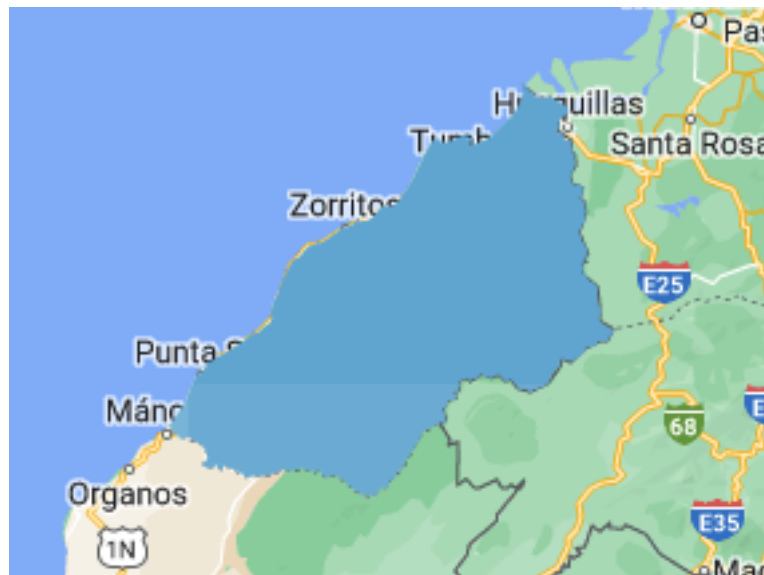
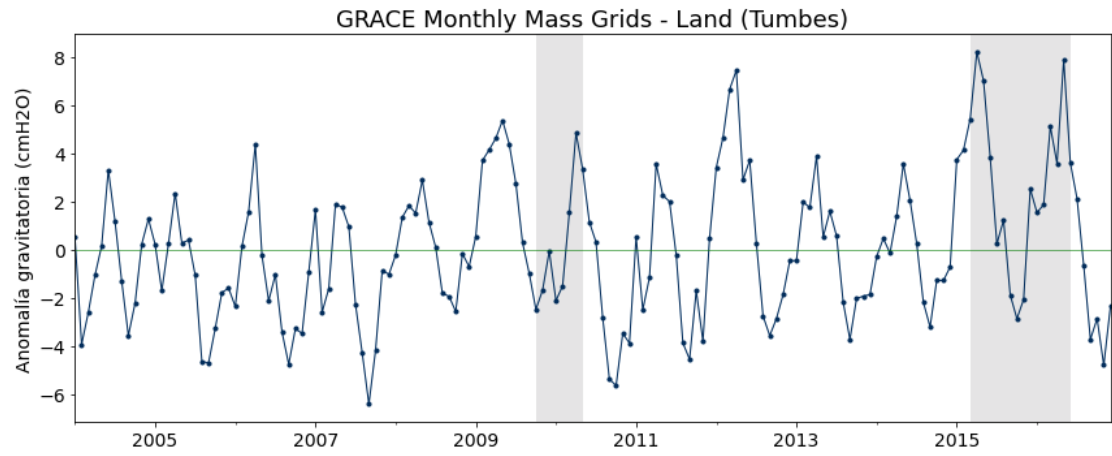


Figura 50. Variabilidad temporal de los datos GRACE de la Región Tumbes



CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

El análisis de las series de tiempo de los datos GRACE muestran que el agua total almacenada tiene un ciclo de carga y recarga anual, en todas las 24 regiones del Perú. Aumenta de diciembre a mayo y disminuyen de junio a noviembre.

5.2. Resultados inferenciales

Se puede observar el fenómeno de El Niño fuerte en el 2015/2016 tiene una relación con la cantidad total de agua almacenada que presenta picos de mayor intensidad en este evento, esto es mas evidente en los departamento del norte, tales como Tumbes y Piura. Es decir debido al fenómeno de El Niño, las precipitaciones se incrementaron y por lo tanto tambien el agua total almacenda.



CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

El análisis de la serie de tiempo de el indice del EL Niño 34 y del agua total almacenada evidencia una relación entre ambos fenómenos. Un incremento en la temperatura esta relacionado con una mayor tasa de aumento del agua total almacenada en muchas regiones, en el periodo 2004 - 2016, como se puede apreciar en cada una de las graficas lo que demuetsra la hipótesis general.

Las graficas muestran que el agua total almacenada tiene ciclos de carga y descarga anual, lo que confirma la hipótesis específica 1.

La tendencia del agua total almacenada es incrementarse cuando se da el fenómeno de El Niño fuerte, como ocurrió en el 2015/2016, tal como se parecían en las graficas, lo que confirma la hipótesis específica 2.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios

Los resultados mostrados son consistentes con muchos de los estudios realizados mencionados en los antecedentes, [2], [3], [4], [18]. Existe una relación entre los eventos de El Niño y la variabilidad del agua total almacenada en las diferentes regiones del Peru.

CONCLUSIONES

El presente estudio muestra la potencialidad de los datos de anomalía gravitacional GRACE y los datos de temperatura para el índice de EL NIÑO 34, para proporcionar conocimientos importantes sobre los ciclos de carga y descarga del agua total almacenada.

Los eventos El Niño moderado y fuerte tienen una fuerte influencia sobre las anomalías gravitacionales. Por lo que el impacto del fenómeno El Niño sobre las regiones del Perú puede monitorearse a partir de las anomalías gravitacionales. Incrementos extremos en el agua total almacenada estaría relacionado con inundaciones y deslizamientos, causando pérdidas económicas, sociales, de la vida y la salud en los pobladores del Perú. Se debe poner atención a las diversas cuencas hidrográficas del Perú y protegerlos de los embates del fenómeno El Niño.

RECOMENDACIONES

La presente investigación deja abierta la posibilidad de analizar con mayor detalle los mecanismos de recarga del agua total almacenada, utilizando componentes principales. Así como cuantificar el incremento de agua en los periodos de El Niño. Contrastar con datos in situ sobre regiones donde se disponga de más información.

Referenciales

- [1] Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries, J. C., Thompson, P. F., & Watkins, M. M., «GRACE measurements of mass variability in the Earth system,» *Science*, vol. 305, n° 5683, pp. 503-505, 2004.
- [2] Chen, J. L., Wilson, C. R., & Tapley, B. D., «The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE,» *Water Resources Research*, vol. 46, n° 12, 2010.
- [3] Chen, J. L., Wilson, C. R., Tapley, B. D., Scanlon, B., & Güntner, A., «Long-term groundwater storage change in Victoria, Australia from satellite gravity and in situ observations,» *Global and Planetary change*, vol. 139, pp. 56-65, 2016.
- [4] Chen, J., Li, J., Zhang, Z., & Ni, S., «Long-term groundwater variations in Northwest India from satellite gravity measurements,» *Global and Planetary Change*, vol. 116, pp. 130-138, 2014.
- [5] Famiglietti, J. S., Lo, M., Ho, S. L., Bethune, J., Anderson, K. J., Syed, T. H., Swenson, S.C., Caroline R., & Rodell, M., «Satellites measure recent rates of groundwater depletion in California's Central Valley,» *Geophysical Research Letters*, vol. 38, n° 3, 2011.
- [6] Hasan, E., Tarhule, A., Hong, Y., & Moore, B., «Assessment of physical water scarcity in Africa using GRACE and TRMM satellite data.,» *Remote Sensing*, vol. 11, n° 8, p. 904, 2019.
- [7] Abelen, S., Seitz, F., Abarca del Rio, R., & Güntner, A., «Droughts and floods in the La Plata basin in soil moisture data and GRACE,» *Remote Sensing*, vol. 7, n° 6, pp. 7324-7349, 2015.
- [8] Abdelmalik, K. W., & Abdelmohsen, K. , «GRACE and TRMM mission: The role of remote sensing techniques for monitoring spatio-temporal change in total water mass, Nile basin.,» *Journal of African Earth Sciences*, vol. 160, n° 103596. ISO 690 , 2019.

- [9] Swenson, S., & Wahr, J. , « Post-processing removal of correlated errors in GRACE data.,» *Geophysical Research Letters*, vol. 33, n° 8, 2006.
- [10] Swenson, S., & Wahr, J., «Methods for inferring regional surface-mass anomalies from Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) measurements of time-variable gravity,» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol. 107, n° B9, ETG-3, 2002.
- [11] S. Swenson, «GRACE monthly land water mass grids NETCDF RELEASE 5.0. Ver. 5.0.,» *PO.DAAC, CA, USA.*, Dataset accessed [2021-01-01] at <https://doi.org/10.5067/TELND-NC005>. 2012.
- [12] Landerer, F. W., & Swenson S., C., «Accuracy of scaled GRACE terrestrial water storage estimates.,» *Water Resources Research*, vol. 48, n° W04531, pp. 1-11, 2012.
- [13] G.-F. L.-3. D. P. U. H. J. D-103133, 2020. [En línea]. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [14] G.-F. L.-2. G. F. P. U. H. J. D-103922, «GRACE-FO Mission Documentation,» 2019. [En línea]. Available: <https://podaac.jpl.nasa.gov/gravity/gracefo-documentation>. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [15] Trenberth, Kevin & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds)., «"The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-index>,» 2020.
- [16] KE Trenberth, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA., «El Niño Southern Oscillation (ENSO),» *Elsevier* , 2013.
- [17] C. D. C. Y. J. Y. D. P. C. A. Wang, «El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review,» *Coral reefs of the eastern tropical Pacific*, pp. 85-106., 2017.
- [18] Chavez, S. P., & Takahashi, K., «Orographic rainfall hot spots in the Andes-Amazon transition according to the TRMM precipitation radar and in situ

- data.,» *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 122, n° 11, pp. 5870-5882, 2017.
- [19] B. R. Z. Z. S. H. W. D. N. L. F. W. L. D. C. J. Scanlon, «Global evaluation of new GRACE mascon products for hydrologic applications,» *Water Resources Research*, vol. 52, n° 12, pp. 9412-9429, 2016.
- [20] Awange, J. L., Gebremichael, M., Forootan, E., Wakbulcho, G., Anyah, R., Ferreira, V. G., & Alemayehu, T. , «Characterization of Ethiopian mega hydrogeological regimes using GRACE, TRMM and GLDAS datasets,» *Advances in water resources*, n° 74, pp. 64-78, 2014.
- [21] Rodell, M., Velicogna, I., & Famiglietti, J. S., «Satellite-based estimates of groundwater depletion in India,» *Nature*, vol. 460, n° 7258, pp. 999-1002, 2009.
- [22] Yadav, M., Wagener, T., & Gupta, H, «Regionalization of constraints on expected watershed response behavior for improved predictions in ungauged basins,» *Advances in water resources*, vol. 30, n° 8, pp. 1756-1774, 2007.
- [23] Helsel, D. R., & Hirsch, R. M, *Statistical methods in water resources*, vol. 49, Virginia, Virginia: Elsevier, 1992.
- [24] Sawicz, K., Wagener, T., Sivapalan, M., Troch, P. A., & Carrillo, G. , «Catchment classification: empirical analysis of hydrologic similarity based on catchment function in the eastern USA,» *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 15, n° 9, pp. 2895-2911., 2011.
- [25] Yirdaw, S. Z., Snelgrove, K. R., & Agboma, C. O., «GRACE satellite observations of terrestrial moisture changes for drought characterization in the Canadian Prairie.,» *Journal of Hydrology*, vol. 356, n° 1-2, pp. 84-92, 2008.
- [26] Xie, P., & Arkin, P. A. , « Analyses of global monthly precipitation using gauge observations, satellite estimates, and numerical model predictions.,» *Journal of climate*, vol. 9, n° 4, pp. 840-858, 1996.


- [27] Tang, G., Clark, M. P., Papalexiou, S. M., Ma, Z., & Hong, Y., «Have satellite precipitation products improved over last two decades? A comprehensive comparison of GPM IMERG with nine satellite and reanalysis datasets,» *Remote Sensing of Environment*, vol. 240, n° 111697, 2020.
- [28] Huffman, G. J., Adler, R. F., Bolvin, D. T., & Nelkin, E. J., «The TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA),» de *Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology*, Springer, Dordrecht. , 2010, pp. 3-22.
- [29] Yong, B., Liu, D., Gourley, J. J., Tian, Y., Huffman, G. J., Ren, L., & Hong, Y., «Global view of real-time TRMM multisatellite precipitation analysis: Implications for its successor global precipitation measurement mission,» *Bulletin of the American Meteorological Society*, pp. 283-296, 2015.
- [30] Mantas, V. M., Liu, Z., Caro, C., & Pereira, A. J. S. C. , « Validation of TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA) products in the Peruvian Andes.,» vol. 163, pp. 132-145. ISO 690, 2015.
- [31] Ballari, D., Castro, E., & Campozano, L., «VALIDATION OF SATELLITE PRECIPITATION (TRMM 3B43) IN ECUADORIAN COASTAL PLAINS, ANDEAN HIGHLANDS AND AMAZONIAN RAINFOREST,» *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information*, vol. 41, 2016.
- [32] Scheel, M. L. M., Rohrer, M., Huggel, C., Santos Villar, D., Silvestre, E., & Huffman, G. J., «Evaluation of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) performance in the Central Andes region and its dependency on spatial and temporal resolution,» *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 15, n° 8, pp. 2649-2663., 2011.

ANEXO

Matriz de Consistencia

EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR Y EL CAMBIO DE LA CANTIDAD TOTAL DE AGUA ALMACENADA SOBRE LAS REGIONES DEL PERÚ USANDO DATOS SATELITALES

AUTOR: Mg. Juan Neil Mendoza Nolorbe

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo afectan los eventos extremos del fenómeno de El Niño – Oscilación Sur, en el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 – 2016.</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016?</p> <p>¿Cuál es la tendencia del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Explicar el impacto de los eventos extremos del fenómeno de El Niño – Oscilación Sur, en el ciclo de carga y recarga del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 – 2016.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Explicar las variaciones internuales y estacionales del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 - 2016.</p> <p>Analizar la tendencia del agua total almacenada en las diferentes regiones del Perú en el periodo 2004 – 2016.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Existe una relación entre los eventos moderados y fuertes de El Niño en el agua total almacenada en cada una de la regiones del Perú, en el periodo 2004 - 2016.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>El agua total almacenada presentan ciclos anuales, con fluctuaciones entre valores máximos y mínimos intranual en cada una de las regiones del Perú, en el periodo 2004 - 2016.</p> <p>Los eventos El Niño moderado y fuerte tiene una tendencia en el incremento del agua total almacena en las regiones del Perú, en el periodo 2002 - 2016.</p>	<p>VARIABLES</p> <p>Variabes:</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>V1: Eventos de moderados y fuertes de El Niño.</p> <p>Indicadores: 3.1. Índice de EL Niño</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>V2: Agua total almacenada.</p> <p>Indicadores: 1.1. Anomalía gravitacional</p>	<p>Tipo: Cuantitativo</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Técnica: Observación remota</p> <p>Instrumento: Datos con instrumentos satelitales.</p> <p>Método: Método de análisis de serie de tiempo.</p> 

Base de datos GRACE Tellus de 24 regiones del Perú

	TA C	MO Q	PU N	ARE	CUS	MD D	AP U	AY A	ICA	HU V	LIM	JUN	PAS	HU C	UC A	LO R	SA M	AM A	AN C	LAL	CAJ	LA M	PIU	TUM
20 04- 01- 01	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999. 000	999.00 0
20 04- 02- 01	3.08 8	3.88 9	7.43 9	4.23 1	7.88 7	9.94 1	6.29 0	5.29 7	4.20 9	5.83 3	4.83 5	6.88 2	6.31 4	4.67 4	6.82 5	- 7.52 1	0.32 6	- 3.49 0	2.91 4	0.97 9	- 1.09 2	- 1.22 6	- 2.34 6	-3.480
20 04- 03- 01	2.74 7	3.66 3	7.36 9	4.14 8	7.84 9	10.7 16	6.35 0	5.16 6	3.96 3	5.39 2	4.00 1	5.87 3	4.98 5	3.60 9	6.58 1	- 1.34 6	0.89 3	- 1.76 0	1.99 1	0.46 8	- 0.90 0	- 1.30 4	- 1.88 6	-2.152
20 04- 04- 01	0.10 3	0.83 0	4.49 3	1.90 3	6.44 7	9.72 2	4.83 4	4.11 8	3.25 5	4.86 7	3.90 8	5.79 6	5.30 5	4.16 9	7.57 0	2.30 2	2.34 6	0.41 6	2.39 8	1.14 9	0.32 9	- 0.39 0	- 0.64 4	-0.608
20 04- 05- 01	2.20 7	2.83 6	5.69 2	3.52 2	6.48 3	8.78 5	5.57 9	4.88 5	3.84 8	4.89 3	3.02 4	5.02 9	4.36 1	3.32 1	7.00 0	4.29 1	2.37 3	1.82 8	1.49 5	0.89 2	0.81 3	- 0.00 6	0.04 0	0.615
20 04- 06- 01	2.59 0	3.03 1	3.26 4	2.99 3	3.09 7	3.42 0	2.86 8	2.44 0	1.69 3	2.00 9	1.00 2	2.01 2	1.33 0	0.36 0	2.06 1	5.98 1	0.73 8	3.69 5	- 0.39 8	- 0.37 2	1.31 9	1.21 6	2.52 1	3.767
20 04- 07- 01	0.50 1	0.45 5	- 0.84 8	- 0.12 5	- 1.57 5	- 2.51 0	- 1.25 1	- 1.03 8	- 0.61 7	- 1.24 2	- 1.56 6	- 1.85 2	- 2.40 9	- 2.67 1	- 2.70 3	2.53 3	- 1.40 1	1.16 2	- 2.28 6	- 1.59 2	- 0.18 9	- 0.00 8	0.83 1	1.634
20 04- 08- 01	- 2.28 5	- 2.90 4	- 6.11 5	- 2.85 9	- 6.35 4	- 9.87 1	- 4.11 0	- 3.14 3	- 2.00 5	- 4.01 1	- 5.20 1	- 6.83 0	- 8.31 1	- 8.40 0	- 10.0 56	- 5.71 1	- 7.20 6	- 3.92 6	- 6.40 2	- 5.57 7	- 4.40 8	- 3.41 5	- 2.14 0	-0.850
20 04- 09- 01	- 3.86 8	- 4.45 5	- 9.25 0	- 4.92 7	- 9.39 2	- 14.5 03	- 6.85 3	- 5.29 4	- 3.67 5	- 5.20 3	- 5.22 4	- 7.54 0	- 8.79 2	- 9.14 0	- 11.9 44	- 7.65 5	- 8.80 9	- 5.53 9	- 6.77 8	- 6.74 2	- 6.23 4	- 5.58 2	- 4.80 2	-3.110
20 04- 10- 01	- 3.22 2	- 4.30 8	- 8.95 3	- 4.98 9	- 8.91 8	- 14.3 09	- 6.47 0	- 5.04 7	- 3.81 7	- 5.03 9	- 4.49 3	- 6.68 2	- 7.14 4	- 6.84 0	- 10.5 22	- 7.71 5	- 6.74 4	- 4.60 3	- 4.40 5	- 4.61 0	- 4.63 4	- 4.13 9	- 3.23 8	-1.772
20 04- 11- 01	- 2.13 0	- 2.71 4	- 5.69 9	- 3.44 9	- 5.84 3	- 8.54 1	- 4.79 5	- 3.77 2	- 2.77 9	- 3.26 6	- 2.05 9	- 3.26 2	- 2.55 3	- 1.91 9	- 4.36 6	- 4.24 6	- 1.45 8	- 0.54 2	- 1.02 6	- 0.56 3	- 0.20 9	0.00 4	0.34 3	0.686
20 04- 12- 01	- 2.67 2	- 2.73 6	- 3.10 8	- 1.95 8	- 1.14 2	- 2.45 7	- 0.99 4	- 0.42 4	0.20 0	0.45 2	1.60 3	1.24 0	2.18 3	2.60 6	1.52 8	- 1.49 1	1.94 1	1.32 6	2.71 8	2.54 6	1.90 4	2.09 3	1.85 9	1.732
20 05- 01- 01	1.72 2	1.85 5	2.56 2	1.73 2	3.02 3	2.84 5	2.51 0	2.49 8	2.53 3	3.43 7	4.35 6	4.45 0	4.99 2	4.88 4	4.74 4	- 1.84 1	3.26 7	0.96 7	4.37 9	3.42 3	2.23 1	1.95 3	1.29 4	0.678
20 05- 02- 01	3.31 8	3.64 8	5.95 6	2.92 0	5.35 1	7.51 3	3.79 4	3.19 9	2.61 7	3.81 6	4.05 6	5.52 7	6.51 0	6.44 5	8.27 4	1.41 6	4.60 5	0.60 1	4.69 2	3.67 1	1.70 3	0.64 9	- 0.62 6	-1.251
20 05- 03- 01	0.22 3	1.03 8	5.28 7	2.32 0	7.14 1	10.8 70	5.34 3	4.44 2	3.43 4	5.06 8	4.75 2	6.78 8	7.88 4	8.32 4	11.3 14	5.87 4	7.83 1	3.44 7	5.81 3	5.39 9	3.84 5	2.40 0	1.19 8	0.697
20 05- 04- 01	- 0.79 5	- 0.03 3	3.45 1	0.84 3	5.45 6	9.22 0	3.50 3	2.72 2	1.65 4	3.71 4	3.70 5	5.76 0	6.62 3	6.70 7	9.89 7	10.4 26	7.79 6	6.39 4	4.49 7	4.79 2	5.12 0	3.75 3	3.23 8	2.796
20 05- 05- 01	- 0.49 7	- 0.42 9	0.56 0	- 0.89 9	0.67 7	3.16 7	- 0.70 1	- 0.81 2	- 0.92 8	- 0.22 0	- 0.03 5	1.41 5	2.40 2	2.34 1	4.79 1	7.30 6	2.97 3	2.56 0	0.24 6	0.78 1	1.65 6	1.09 7	1.10 9	0.731
20 05- 06- 01	- 2.13 6	- 2.43 0	- 2.86 4	- 2.48 6	- 2.41 9	- 2.73 0	- 2.05 2	- 1.63 0	- 1.18 7	- 1.34 3	- 2.14 5	- 2.09 6	- 2.65 3	- 2.79 3	- 1.68 8	2.76 9	- 0.98 4	0.74 0	- 3.17 2	- 2.31 5	- 0.72 9	- 0.77 7	0.13 2	0.853

20-05-07-01	-	3.838	3.881	6.092	3.975	6.658	9.158	5.462	4.892	3.877	5.251	4.939	6.421	6.786	6.703	8.140	3.871	5.759	2.943	5.581	5.136	3.780	2.928	1.561	-0.601
20-05-08-01	-	4.748	5.570	10.251	6.447	11.687	16.240	9.380	8.086	6.269	8.644	8.627	11.235	12.697	13.116	16.517	12.572	13.021	8.903	10.270	9.937	8.793	6.976	5.483	-4.190
20-05-09-01	-	3.626	4.580	11.006	5.267	12.913	19.662	9.219	7.366	5.007	8.217	7.840	11.843	13.448	13.818	19.065	15.275	14.859	10.385	10.073	10.477	9.821	7.498	5.807	-4.244
20-05-10-01	-	2.616	3.873	9.442	4.444	10.337	16.516	7.316	5.724	3.671	6.375	5.796	9.298	10.575	10.534	15.606	13.958	10.869	7.668	6.842	6.760	6.323	4.307	3.300	-2.812
20-05-11-01	-	2.164	3.572	7.845	4.312	8.319	13.245	6.033	4.704	2.924	4.759	4.466	7.121	8.122	7.642	11.756	9.027	6.188	3.854	4.795	3.453	2.579	1.113	1.009	-1.324
20-05-12-01	-	2.929	3.668	4.651	3.613	4.342	6.406	3.765	3.047	1.932	2.438	1.276	2.765	2.834	2.675	5.895	8.204	3.736	3.520	1.178	1.338	1.824	0.888	1.020	-1.141
20-06-01-01	3.809	4.382	7.129	4.354	6.221	6.951	5.436	4.753	4.347	4.951	4.381	5.096	4.738	4.058	4.764	1.879	1.692	1.150	3.268	2.143	0.462	0.318	0.892	-	-1.904
20-06-02-01	4.904	5.922	10.607	6.299	10.299	14.052	8.361	6.635	4.550	6.523	5.782	8.192	8.873	8.886	11.325	5.988	7.893	4.127	6.516	5.962	4.661	3.288	1.821	0.590	
20-06-03-01	4.030	5.051	9.851	5.449	9.693	14.297	7.773	6.099	3.944	5.808	4.533	7.192	7.816	8.309	11.907	9.388	9.473	6.138	6.186	6.728	5.949	4.354	2.987	2.035	
20-06-04-01	5.587	7.099	11.994	7.622	11.543	16.030	9.568	7.780	5.658	7.417	6.360	8.891	9.546	9.907	13.603	12.344	11.390	8.786	7.446	8.002	8.083	6.625	5.828	4.822	
20-06-05-01	2.080	2.577	4.079	2.721	4.230	6.720	3.427	2.743	1.780	2.501	1.419	2.756	2.229	1.611	4.265	7.946	2.324	2.205	0.536	0.406	0.838	0.090	0.135	0.205	
20-06-06-01	0.382	0.748	1.462	1.200	2.108	2.683	2.009	1.534	0.908	1.242	0.032	0.839	0.055	0.952	1.092	2.901	1.118	0.602	1.647	2.026	1.717	1.978	1.857	-	-1.665
20-06-07-01	-	1.047	1.223	2.797	1.206	3.339	5.155	2.196	1.968	1.612	2.616	3.183	4.205	5.443	6.061	7.135	2.130	6.244	3.253	4.714	4.918	3.972	2.927	1.543	-0.582
20-06-08-01	-	2.502	3.191	7.370	3.825	8.578	12.939	6.310	5.526	4.472	6.415	6.592	8.841	10.201	10.473	13.679	8.592	10.456	6.730	7.767	7.552	6.731	5.155	3.967	-2.972
20-06-09-01	-	2.432	3.435	9.306	4.555	11.480	17.215	8.528	7.102	5.239	8.072	7.485	10.872	12.006	12.058	17.050	12.961	12.667	8.934	8.571	8.511	7.983	5.870	4.895	-4.305
20-06-10-01	-	1.365	2.343	6.956	3.021	7.692	12.933	5.178	3.870	2.184	4.161	4.114	7.055	9.027	9.470	13.915	11.858	9.577	6.538	5.814	5.717	5.395	3.658	3.164	-2.825
20-06-11-01	-	1.969	2.133	4.209	2.409	4.927	7.956	3.840	3.266	2.601	3.348	2.530	4.097	4.617	5.018	8.080	10.369	6.882	5.718	3.156	3.907	4.433	3.305	3.145	-3.024
20-06-12-01	-	0.188	0.256	0.519	0.601	0.775	1.278	1.085	0.769	0.433	0.063	1.443	0.958	1.475	1.155	0.658	3.409	1.008	1.217	1.774	0.768	0.188	0.265	0.066	-0.480
20-07-01-01	3.531	3.522	4.782	2.834	4.307	5.150	3.383	2.828	2.010	3.258	3.773	4.608	5.397	5.829	6.217	5.089	6.553	4.942	5.152	5.537	5.206	4.457	3.282	2.120	

20-07-02-01	4.316	4.595	8.659	3.974	7.264	9.789	5.602	4.030	2.223	3.823	2.672	4.642	4.320	3.941	5.759	-0.550	2.942	-0.357	2.845	2.478	1.092	0.501	-0.888	-2.141
20-07-03-01	6.384	7.551	13.104	7.454	11.533	15.836	9.239	7.159	4.838	6.744	5.469	8.111	8.002	7.051	10.569	1.193	4.315	0.645	4.685	3.145	1.533	0.591	-0.289	-1.151
20-07-04-01	4.994	6.230	11.781	6.938	12.073	16.547	9.779	7.970	5.885	7.989	6.751	9.395	9.417	9.108	12.827	8.836	8.921	5.780	6.866	6.495	5.612	4.229	3.141	2.352
20-07-05-01	3.155	4.057	7.703	4.583	8.740	12.566	6.794	5.576	3.968	5.849	4.992	7.527	7.870	7.363	10.990	10.257	7.006	5.188	5.047	4.485	3.973	2.534	2.091	2.217
20-07-06-01	0.582	0.826	1.953	1.230	3.019	4.189	2.439	2.075	1.424	2.186	1.568	2.792	2.863	2.519	4.080	6.702	1.819	1.766	1.479	0.846	0.441	-0.287	0.121	1.405
20-07-07-01	-1.341	-1.266	-2.459	-0.984	-2.357	-3.868	-1.497	-1.175	-0.986	-1.553	-2.363	-2.485	-3.251	-3.901	-3.951	-0.009	-4.216	-2.149	-3.554	-3.611	-3.111	-2.783	-2.444	-1.824
20-07-08-01	-2.774	-3.037	-6.034	-3.210	-6.863	-10.237	-5.138	-4.369	-3.313	-4.973	-5.082	-6.831	-7.993	-8.655	-10.908	-9.311	-9.820	-7.181	-6.837	-7.304	-6.914	-5.450	-4.448	-3.834
20-07-09-01	-4.244	-5.131	-10.330	-5.809	-11.695	-16.990	-8.887	-7.578	-5.992	-8.726	-9.011	-11.767	-13.331	-13.531	-17.182	-13.426	-13.489	-10.101	-10.264	-10.279	-9.862	-8.466	-7.279	-5.952
20-07-10-01	-2.633	-3.395	-8.861	-4.028	-10.322	-16.230	-7.410	-5.812	-3.794	-6.592	-6.078	-9.232	-10.177	-10.128	-14.769	-11.736	-10.764	-7.879	-6.922	-7.026	-6.940	-5.267	-4.485	-3.716
20-07-11-01	-0.814	-1.236	-4.496	-1.497	-5.226	-8.196	-3.790	-3.001	-2.171	-3.681	-2.666	-4.530	-4.458	-3.902	-7.197	-5.582	-3.593	-1.955	-1.640	-1.336	-1.261	-0.236	-0.083	-0.395
20-07-12-01	0.411	0.511	0.794	0.229	-0.656	-1.276	0.647	-0.542	-0.269	0.681	0.379	-0.044	1.230	2.097	0.608	-2.690	1.388	-0.378	2.064	1.951	0.949	0.794	0.044	-0.572
20-08-01-01	4.631	5.120	7.285	4.700	6.507	7.812	5.225	4.357	3.242	4.376	4.644	6.085	7.152	7.302	8.233	3.941	5.751	2.378	5.865	5.139	3.390	2.650	1.223	0.233
20-08-02-01	7.119	8.221	13.886	8.342	12.369	16.581	10.025	8.220	6.414	7.928	7.221	9.601	10.414	10.414	13.361	5.936	8.608	4.055	7.775	6.589	4.579	3.146	2.028	1.802
20-08-03-01	7.999	9.082	15.458	8.483	13.401	19.132	10.219	7.646	4.640	7.081	6.201	9.875	11.419	11.928	16.460	10.491	12.103	7.244	7.963	7.825	6.878	4.690	3.367	2.283
20-08-04-01	4.371	5.119	10.995	5.034	10.398	17.433	7.298	5.458	3.132	5.543	4.455	7.963	8.939	8.979	14.756	11.145	10.554	7.233	4.993	5.317	5.809	3.809	3.165	1.972
20-08-05-01	3.504	4.254	7.454	4.294	6.931	11.435	5.094	4.064	2.864	4.121	3.927	5.708	6.458	6.307	10.030	10.842	6.637	5.466	4.018	3.934	4.282	3.483	3.496	3.344
20-08-06-01	1.485	1.443	2.367	1.085	2.008	4.678	1.097	0.740	0.181	0.512	0.039	1.327	1.898	2.090	4.287	6.129	3.041	2.760	0.720	1.297	1.818	1.101	1.253	1.588
20-08-07-01	-0.147	-0.322	-2.314	-0.931	-3.555	-4.233	-2.893	-2.608	-2.406	-3.329	-3.580	-3.757	-3.731	-3.707	-4.211	0.892	-2.925	-0.102	-3.343	-2.286	-0.877	-0.140	-0.466	0.553
20-08-08-01	-1.635	-2.410	-5.913	-3.217	-7.202	-9.735	-5.691	-4.769	-3.568	-5.397	-5.527	-7.079	-7.978	-8.473	-9.899	-6.376	-8.300	-4.622	-7.213	-7.078	-5.479	-4.265	-2.528	-1.353

20-08-09-01	-	3.621	4.578	9.378	5.131	10.559	14.846	7.995	6.538	4.611	7.097	6.822	9.848	10.964	10.845	14.341	8.895	9.846	5.802	8.279	7.573	5.982	4.227	2.656	-1.485	
20-08-10-01	-	2.757	3.999	8.804	4.952	10.212	14.624	7.839	6.516	4.967	7.133	6.606	9.320	9.998	9.538	13.693	9.770	8.643	5.494	6.759	6.016	5.096	3.780	2.894	2.110	
20-08-11-01	-	3.350	4.585	9.004	5.197	8.733	12.058	7.139	6.019	4.761	6.140	4.479	6.945	6.649	5.481	9.321	5.973	3.973	2.435	2.922	2.181	1.794	0.743	0.078	0.294	
20-08-12-01	-	1.163	2.069	5.707	2.870	5.320	6.636	4.667	3.742	2.937	3.208	0.783	2.246	0.842	0.037	2.582	2.498	0.785	1.365	0.693	0.244	-	0.434	0.038	0.160	0.249
20-09-01-01	-	0.077	0.105	0.250	0.023	1.115	2.603	0.248	0.397	0.578	0.933	2.213	2.586	4.096	4.755	5.083	3.523	4.498	2.593	3.907	3.781	2.996	2.430	1.668	1.009	
20-09-02-01	0.484	1.033	3.586	1.977	5.370	8.061	3.852	3.285	2.357	4.016	5.001	6.387	8.082	8.854	9.791	11.461	9.126	7.287	7.227	7.088	6.479	5.163	4.473	4.161		
20-09-03-01	2.363	3.378	8.873	4.787	10.634	15.887	8.221	7.054	5.689	7.906	8.052	10.276	11.920	12.906	16.520	17.158	14.373	10.136	9.949	10.087	9.239	7.099	5.673	4.603		
20-09-04-01	0.796	2.011	7.884	3.402	10.201	17.240	7.051	5.533	3.644	6.329	6.549	9.739	12.144	13.740	18.479	19.772	16.824	12.070	10.102	11.424	11.110	8.534	6.687	5.084		
20-09-05-01	-	0.662	0.203	4.428	1.891	7.421	13.790	4.947	4.182	3.057	5.093	5.542	7.928	9.953	11.165	15.764	20.309	14.677	12.210	8.091	9.409	10.174	8.077	7.058	5.827	
20-09-06-01	-	2.219	1.875	0.437	-	0.386	3.586	7.883	1.917	1.987	1.695	3.146	3.351	5.285	6.559	6.890	10.115	14.326	8.679	8.153	4.438	5.516	6.619	5.492	5.268	4.848
20-09-07-01	-	2.246	2.035	1.494	-	1.352	0.066	2.107	-	0.591	0.674	1.004	0.394	-	0.235	0.773	1.655	1.980	3.715	8.082	3.336	4.025	0.592	1.272	2.382	3.209
20-09-08-01	-	3.609	3.996	5.487	3.346	3.979	4.551	3.351	2.751	2.181	2.753	2.573	3.230	3.647	3.961	4.303	1.400	3.878	1.096	3.050	3.067	2.068	1.245	0.042	0.747	
20-09-09-01	-	4.218	4.837	7.987	4.414	7.471	9.017	6.192	5.187	3.829	5.722	4.587	6.642	6.449	5.692	8.424	7.410	5.192	3.280	3.479	2.843	2.386	1.239	0.606	0.532	
20-09-10-01	-	4.669	5.672	9.436	5.831	9.588	12.333	7.907	6.817	5.197	7.312	6.162	8.785	8.785	7.725	10.912	9.218	5.858	4.211	5.301	4.162	3.316	2.156	1.610	2.028	
20-09-11-01	-	3.337	4.427	7.728	4.519	7.035	9.689	5.564	4.147	2.370	3.709	2.379	4.763	4.883	4.487	7.549	10.182	4.803	3.836	2.047	1.952	2.274	1.057	1.019	1.222	
20-09-12-01	-	2.052	2.542	2.172	2.185	1.195	1.421	1.186	0.714	0.070	0.195	1.043	-	0.014	0.210	0.086	-	0.891	1.121	1.210	1.361	1.827	1.797	2.144	1.410	0.399
20-10-01-01	0.418	0.554	2.884	1.309	3.984	5.225	3.233	2.948	2.431	3.607	3.806	4.567	4.740	4.164	4.800	-	2.666	1.567	-	0.636	3.590	2.171	0.429	0.325	-	1.660
20-10-02-01	1.843	2.391	7.643	2.860	7.741	11.404	5.846	4.636	3.044	5.254	4.293	6.697	6.879	6.118	9.427	-	0.123	4.149	1.347	3.600	2.989	2.304	1.893	0.810	-	1.044

20-10-03-01	4.108	5.210	10.206	5.553	11.138	16.353	8.128	6.449	4.381	7.332	7.278	10.379	11.038	10.026	13.237	3.109	7.271	3.855	6.955	5.777	4.874	4.142	3.377	1.988
20-10-04-01	1.421	2.430	6.954	4.235	8.804	12.211	7.412	6.406	5.227	6.829	5.889	7.564	7.305	6.843	9.749	8.583	6.861	6.372	5.339	5.165	5.378	4.829	5.025	5.300
20-10-05-01	-1.968	-1.564	0.584	-0.595	2.404	5.755	0.902	0.242	-0.354	0.581	1.245	2.185	3.203	3.656	6.272	7.740	5.392	4.990	1.702	1.762	3.037	1.990	3.221	3.793
20-10-06-01	-4.770	-5.063	-5.145	-4.981	-3.408	-2.253	-3.864	-3.065	-2.470	-1.961	-2.511	-1.491	-1.642	-1.986	-0.208	4.581	-0.030	2.070	-2.382	-0.895	0.670	0.350	0.797	1.604
20-10-07-01	-4.267	-4.715	-6.768	-4.843	-6.088	-7.373	-5.583	-4.712	-3.791	-4.246	-3.606	-4.237	-4.266	-4.684	-5.314	-1.695	-4.592	-1.397	-4.204	-3.925	-2.432	-1.612	-0.175	0.768
20-10-08-01	-4.903	-5.794	-10.786	-6.275	-11.521	-15.031	-9.438	-7.806	-5.706	-8.242	-6.761	-9.829	-10.157	-10.075	-13.641	-9.086	-10.475	-6.867	-7.194	-7.680	-7.123	-5.632	-3.907	-2.375
20-10-09-01	-6.649	-7.522	-13.505	-7.665	-14.138	-19.180	-11.215	-9.425	-7.282	-10.205	-9.206	-12.684	-13.541	-13.483	-18.023	-15.503	-13.585	-9.840	-10.214	-10.096	-9.084	-7.053	-5.624	-4.923
20-10-10-01	-5.789	-7.007	-12.928	-7.253	-13.086	-18.937	-10.055	-8.194	-5.932	-8.584	-7.913	-11.432	-12.824	-13.001	-18.093	-16.820	-13.411	-10.010	-9.261	-9.266	-8.760	-6.759	-5.732	-5.186
20-10-11-01	-4.828	-5.994	-11.184	-6.466	-11.530	-15.382	-9.261	-7.367	-4.867	-7.185	-5.404	-8.905	-9.105	-8.691	-13.201	-12.902	-9.083	-7.092	-5.783	-5.834	-5.709	-4.150	-3.505	-3.021
20-10-12-01	-5.232	-6.088	-9.203	-5.849	-7.760	-10.082	-6.684	-5.413	-4.036	-4.860	-2.861	-4.803	-4.293	-4.029	-7.426	-8.977	-6.023	-6.096	-2.181	-3.374	-4.723	-3.949	-3.783	-3.426
20-11-01-01	1.533	1.839	3.366	2.071	3.799	4.675	2.980	2.725	2.482	3.327	4.079	4.517	5.281	5.480	5.776	2.350	4.948	2.797	4.722	4.278	3.403	2.862	1.934	0.975
20-11-02-01	1.231	1.940	6.340	2.456	6.949	9.003	5.198	4.122	2.846	5.175	5.070	6.774	6.701	5.479	6.437	-3.965	0.975	-2.426	4.030	1.982	-0.387	-0.683	-1.747	-2.035
20-11-03-01	1.984	3.141	9.876	4.123	10.025	15.170	7.286	5.547	3.945	5.974	5.898	8.182	9.445	9.888	12.917	2.461	8.675	2.705	7.135	6.395	4.186	2.655	0.714	-0.700
20-11-04-01	2.584	3.696	9.238	5.298	10.574	16.001	8.363	7.070	5.661	7.508	7.736	9.513	10.736	11.461	14.569	13.364	12.758	9.057	9.076	8.606	7.818	5.820	4.833	4.013
20-11-05-01	-1.035	-0.483	3.097	0.842	5.166	9.034	3.611	2.792	1.728	3.249	2.915	4.326	4.515	4.870	7.505	13.029	7.110	5.922	3.816	4.176	4.279	2.849	2.518	2.709
20-11-06-01	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000
20-11-07-01	-4.342	-4.705	-6.371	-4.793	-6.350	-7.467	-5.618	-5.068	-4.258	-5.244	-5.367	-6.144	-6.604	-6.586	-6.934	1.019	-4.905	-1.677	-5.716	-4.835	-3.197	-2.517	-1.013	0.235
20-11-08-01	-4.837	-5.721	-9.394	-5.778	-9.654	-13.376	-7.530	-6.321	-4.877	-6.646	-6.426	-8.774	-10.017	-10.625	-13.447	-9.677	-11.342	-7.682	-8.411	-8.950	-8.010	-6.496	-4.741	-3.420

20 11-09-01	-	7.167	7.860	12.653	7.789	13.215	18.118	10.562	8.851	6.681	9.194	7.945	11.523	12.578	12.921	17.606	14.606	13.945	9.656	9.342	10.047	9.433	7.466	5.683	-	4.095	
20 11-10-01	-	5.089	5.770	10.529	5.601	11.024	16.197	8.334	6.592	4.289	6.852	5.046	8.726	8.703	8.000	13.371	11.125	8.484	5.979	4.979	5.266	5.256	3.721	2.552	-	1.247	
20 11-11-01	-	5.105	6.110	10.722	6.575	11.257	15.440	9.235	7.504	5.279	7.258	5.229	8.422	8.356	8.209	12.867	12.565	9.637	7.430	5.759	6.446	6.386	4.853	3.901	-	3.331	
20 11-12-01	-	3.378	3.500	4.450	3.393	3.505	4.008	3.547	2.917	2.131	1.860	0.623	0.656	0.689	1.796	0.490	0.750	2.684	1.621	2.515	2.648	2.282	2.216	1.683	-	0.951	
20 12-01-01	-	1.969	1.997	1.355	1.793	0.539	0.318	1.196	0.998	0.257	0.076	2.089	1.121	2.589	3.953	3.300	6.049	5.834	4.584	4.228	4.544	4.395	4.060	4.021	-	3.876	
20 12-02-01	1.720	2.234	4.614	3.366	6.944	9.345	5.779	5.015	3.793	5.465	5.707	7.214	8.340	9.122	11.026	11.029	10.703	8.382	7.333	7.506	7.428	5.840	5.453	-	5.104		
20 12-03-01	3.470	4.862	9.091	6.406	10.635	14.647	9.258	8.116	6.524	8.321	7.767	9.655	10.775	12.075	15.016	19.156	15.300	12.399	9.735	10.452	10.454	7.808	7.045	-	7.117		
20 12-04-01	2.812	4.382	8.596	5.342	9.327	13.623	7.352	6.139	4.731	6.473	6.099	8.369	9.688	10.696	14.737	22.208	15.133	13.548	7.607	9.166	10.743	8.586	8.300	-	7.908		
20 12-05-01	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000
20 12-06-01	3.085	3.487	5.223	3.466	5.169	7.743	4.306	4.002	3.754	4.124	2.726	4.240	3.964	3.215	7.322	10.276	4.025	4.426	0.956	0.908	2.020	1.324	2.588	-	4.168		
20 12-07-01	0.659	0.328	-0.0051	0.243	-0.257	-0.239	0.179	0.490	0.474	-0.0858	-0.531	2.043	-3.525	-1.500	1.112	-3.664	-0.840	-3.839	4.199	-2.860	-2.546	-0.990	-	-	0.726		
20 12-08-01	-	1.777	2.112	5.139	2.263	6.137	9.406	4.221	3.762	3.369	4.687	5.502	6.867	8.622	9.854	11.277	7.933	10.504	6.035	8.668	9.150	7.266	5.899	3.740	-	2.301	
20 12-09-01	-	2.613	3.169	8.761	3.643	10.472	16.245	7.099	5.917	4.278	7.187	7.422	10.825	12.817	13.435	17.596	12.776	13.781	8.796	10.239	10.763	9.351	7.707	5.304	-	3.115	
20 12-10-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20 12-11-01	-	2.189	2.591	6.881	2.506	7.541	11.568	5.090	3.462	1.718	3.944	3.524	6.060	6.719	6.616	10.082	9.445	6.556	3.993	4.037	3.699	3.356	2.114	1.708	-	1.411	
20 12-12-01	1.454	1.488	-0.657	1.483	-0.675	-2.697	0.192	0.897	1.733	0.949	1.795	0.747	1.010	1.023	-1.036	-4.931	-0.592	-1.378	1.546	0.704	-0.215	0.278	0.211	-	0.010		
20 13-01-01	2.139	2.498	2.957	2.754	4.145	3.955	3.894	3.645	3.295	4.262	4.331	4.679	4.660	4.736	5.023	3.928	5.516	3.446	4.146	4.119	3.702	2.885	1.544	-	0.002		
20 13-02-01	2.730	3.604	6.311	4.457	7.298	9.652	6.092	5.333	4.244	5.718	6.357	7.531	8.937	9.587	11.449	9.443	9.656	6.063	7.826	7.222	6.024	4.592	3.427	-	2.436		
20 13-	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999

2014-10-01	-0.602	-0.864	-4.457	-0.992	-5.200	-8.780	-3.345	-2.318	-0.993	-2.914	-2.364	-4.394	-4.660	-4.486	-7.096	-6.126	-4.855	-3.275	-2.654	-2.718	-2.784	-1.890	-1.467	-0.815	
2014-11-01	-0.053	-0.477	-2.089	-0.924	-1.947	-3.042	-1.737	-1.114	-0.323	-0.615	-0.324	-0.357	-0.055	-0.185	-0.948	-2.693	-1.187	-1.524	-0.005	-0.616	-1.073	-0.882	-0.868	-0.825	
2014-12-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2015-01-01	1.248	2.449	7.114	4.507	8.572	12.797	6.539	5.728	4.786	6.012	7.075	8.646	10.902	11.992	14.171	11.391	12.528	8.695	9.109	8.682	8.030	6.298	5.449	4.202	
2015-02-01	4.279	6.282	11.366	8.130	12.491	15.464	11.035	10.602	10.810	12.766	13.333	13.395	12.623	10.433	13.388	11.552	5.948	4.107	8.836	5.587	4.197	4.462	4.519	4.590	
2015-03-01	6.898	8.352	14.053	9.494	14.966	21.189	12.370	10.733	8.816	10.754	10.026	13.038	14.645	15.625	21.184	19.466	17.901	12.706	11.856	12.074	11.236	8.362	6.866	5.876	
2015-04-01	8.085	9.543	15.292	10.575	16.311	22.603	13.603	11.830	9.618	11.950	11.024	14.201	15.358	16.050	21.613	24.479	19.257	16.055	12.612	13.322	13.621	10.860	9.700	8.672	
2015-05-01	7.133	8.499	14.636	9.443	15.397	21.947	12.526	10.556	8.215	10.613	9.815	12.973	14.216	15.000	20.468	24.449	18.180	14.661	11.483	11.973	12.088	9.264	8.280	7.478	
2015-06-01	3.296	2.581	3.800	1.836	5.945	8.110	4.114	3.603	2.529	4.998	4.063	6.631	6.137	5.098	8.233	11.820	6.364	7.121	3.234	4.174	5.700	5.037	4.895	4.293	
2015-07-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2015-08-01	0.892	0.672	-1.108	0.373	-1.558	-2.389	-1.082	-0.786	-0.538	-1.126	-0.315	-0.824	0.004	0.287	-0.233	1.759	-0.217	0.802	0.105	-0.161	0.164	0.350	1.112	1.682	
2015-09-01	-0.283	-0.727	-3.665	-1.175	-4.172	-6.463	-3.003	-2.156	-1.326	-2.313	-1.905	-2.969	-3.070	-3.555	-4.677	-5.432	-4.991	-3.372	-3.224	-4.089	-3.722	-3.165	-2.124	-1.430	
2015-10-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2015-11-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2015-12-01	0.425	-0.602	-3.927	-1.775	-2.975	-5.558	-2.954	-1.706	-0.231	-0.117	2.619	1.342	2.370	2.581	-0.701	-3.735	1.856	2.167	3.732	3.786	3.708	4.471	4.119	2.967	
2016-01-01	-0.844	-1.891	-3.447	-2.519	-1.934	-3.295	-2.334	-1.524	-0.618	0.181	2.530	2.057	3.341	3.557	1.346	-4.747	2.101	1.078	3.590	3.355	2.922	3.451	3.084	1.998	
2016-02-01	-0.107	-0.398	0.251	-0.445	1.599	1.804	0.528	0.697	1.013	2.364	4.889	4.773	6.301	6.385	4.953	-3.360	3.654	1.474	5.853	4.605	3.260	3.645	3.258	2.324	
2016-03-01	6.634	6.542	9.195	6.229	10.438	13.074	8.473	7.596	6.232	8.819	9.116	11.198	12.009	11.865	13.784	8.027	11.558	8.758	9.647	9.341	8.919	7.725	6.788	5.577	
2016-04-01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999

20 16- 05- 01	2.64 3	2.74 8	4.09 5	3.64 2	6.89 0	9.21 9	5.38 4	5.06 4	4.36 5	5.92 8	7.16 7	8.60 3	10.3 33	10.8 32	12.1 43	13.3 51	10.8 24	9.80 6	9.04 6	8.71 8	8.70 2	7.71 3	8.06 9	8.35 4
20 16- 06- 01	1.84 6	1.26 7	0.17 5	1.05 3	1.91 9	1.48 3	1.96 0	2.24 0	2.09 9	2.82 6	2.18 5	3.13 1	2.97 6	2.83 3	4.08 9	8.81 5	4.74 0	5.77 3	1.96 7	2.71 3	3.95 4	3.14 5	3.62 0	4.05 1
20 16- 07- 01	- 3.02 0	- 3.86 4	- 6.53 2	- 3.99 4	- 5.89 4	- 7.63 7	- 4.88 1	- 3.64 6	- 2.22 8	- 3.21 2	- 2.74 6	- 3.91 9	- 4.14 0	- 4.21 2	- 5.51 1	1.59 7	- 3.02 6	0.50 3	- 3.30 0	- 2.63 0	- 0.89 9	- 0.23 8	1.31 1	2.57 4
20 16- 08- 01	- 2.54 6	- 3.90 9	- 9.08 3	- 4.45 6	- 7.94 3	- 12.5 22	- 6.14 6	- 4.65 3	- 3.11 2	- 4.28 3	- 3.29 9	- 5.17 5	- 5.78 5	- 6.39 3	- 9.65 5	6.01 1	- 7.15 3	- 3.12 2	- 4.37 9	- 4.68 4	- 3.52 0	- 2.18 7	- 0.79 4	- 0.21 5
20 16- 09- 01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20 16- 10- 01	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20 16- 11- 01	- 0.89 5	- 1.67 6	- 5.49 2	- 3.71 2	- 8.41 6	- 11.1 33	- 7.67 6	- 6.94 4	- 5.87 2	- 7.58 6	- 7.13 3	- 7.91 9	- 7.67 4	- 8.06 1	- 8.94 3	- 13.1 85	- 8.61 8	- 7.05 2	- 8.10 7	- 7.66 5	- 6.32 4	- 5.14 5	- 4.24 1	- 4.33 9
20 16- 12- 01	2.25 7	0.02 6	- 4.94 1	- 1.31 1	- 3.96 8	- 5.58 1	- 2.98 9	- 1.08 4	1.00 1	0.02 0	1.44 6	0.11 2	0.82 0	0.93 2	- 0.85 2	- 6.23 9	- 1.15 1	- 2.94 5	1.30 7	0.70 9	- 0.55 4	- 0.02 6	- 0.82 9	- 1.90 0