

Tesis

Una tesis

Elio Campitelli

Índice general

1	Introducción	5
2	Métodos y Materiales	7
2.1	Conceptos básicos	7
2.2	Fuentes de datos	7
2.3	Descripción de SPEEDY	7
3	Climatología observada	9
3.1	Altura geopotencial	9
3.2	Temperatura	9
3.3	Viento zonal	10
3.4	Viento meridional	10
3.5	Gradiente meridional de vorticidad absoluta	11
3.6	Número de onda estacionaria	11
3.7	Función corriente	11
3.8	Ondas Quasiestacionarias	11
4	Onda 3	13
4.1	Características típicas	13
4.2	Antecedentes	14
4.3	Amplitud	14
4.3.1	Máximo o media.	14
4.4	Fase	14
4.5	Estaciones	15
4.6	Persistencia (ver dónde va)	16
4.7	R ₂	16
4.8	Regresiones	16
4.8.1	Geopotencial	16
4.8.2	Función Corriente	16
4.9	Composición de campos.	16
4.10	Fuentes de variabilidad interna	17
4.11	Fuentes externas	17
4.11.1	SST	17
5	Experimentos	19
5.1	Validación SPEEDY	19
5.1.1	Altura Geopotencial	19

5.1.2	Temperatura	20
5.1.3	Viento zonal	20
5.1.4	Gradiente meridional de vorticidad absoluta	20
5.1.5	Número de onda estacionaria	20
5.1.6	Función corriente	20
5.1.7	Onda 3	20
5.2	Comparación	21
5.2.1	Temperatura	21
5.2.2	Viento zonal	21
5.2.3	Función corriente	21
5.2.4	Onda 3	21
5.3	Regresión	21
5.4	Cosas inesperadas...	21
6	Conclusiones	23
7	Agradecimientos	25
	Referencias	27

Resumen.

Capítulo 1

Introducción

- Antecedentes

Además de lo que hay en lo de las becas + lo que fui encontrando, agregar sobre las climatologías disponibles y sus limitaciones.

- Objetivo General

- Objetivo particular

Esto es para probar una referencia bibliográfica: Vera et al. (2004) y (Vera et al. 2004)

Capítulo 2

Métodos y Materiales

2.1 Conceptos básicos

- Ondas cuasiestacionarias
- Fourier

Ejemplo:

Cosas para ver de Figura 7.1:

Descripción del “rol” de cada número de onda en generar el campo final. La onda 1 es la principal, marcando altas presiones al sur del pacífico y bajas al sur de África. La onda 3 modifica ese patrón simple haciendo que los máximos y mínimos no sean continuos.

- Wavelets

Cosas para ver:

Cambio en el máximo. Localización en vez de un número para cada latitud.

2.2 Fuentes de datos

2.3 Descripción de SPEEDY

Capítulo 3

Climatología observada

3.1 Altura geopotencial

Campo medio:

El campo de altura geopotencial media (Z , Figura 7.3) muestra una estructura más zonal en el HS que en el HN. Es evidente la generación del vórtice polar en la estratosfera de invierno y primavera y el aumento del gradiente meridional de Z con la altura.

Las anomalías zonales (Figura 7.5) muestran una preponderancia de una onda 1 (QS1) con una amplitud máxima en la estratosfera de primavera y una estructura coherente en la vertical en 60°S (Figura 7.6). Pueden diferenciarse dos QS1 distintas; una centrada en $\sim 60^{\circ}\text{S}$ y con el centro anticiclónico al rededor de la línea de fecha, y la otra sobre la costa del continente y el centro antíclínico entre 120 y 60°O . Quintanar y Mechoso (1995) concluyó que el primero está asociado principalmente con forzantes de latitudes bajas mientras que el segundo responde a la orografía del continente antártico.

Salvo en verano, la inclinación hacia el oeste en la horizontal y en la vertical indica que las perturbaciones estacionarias están asociadas con transporte hacia el polo tanto de cantidad de movimiento zonal como de temperatura.¹

En verano, las anomalías zonales tienen una estructura barotrópica equivalente y carecen de inclinación en la horizontal. Consecuentemente, los transportes meridionales asociados se reducen considerablemente.²

El ciclo anual de la amplitud de las ondas estacionarias se observa en Figura 7.8, donde se muestra el desvío estándar de Z por círculo de latitud para cada mes³. La mayor amplitud se encuentra centrado al rededor de los 60°S , como ya se vio en la Figura 7.5 y alcanza su máximo entre agosto y octubre, y el mínimo entre febrero y abril, según el nivel.

3.2 Temperatura

En la tropósfera, la temperatura (Figura 7.9) presenta una estructura zonal con mayor baroclinicidad en invierno. En 200 hPa los gradientes meridionales son mínimos y por encima de ese nivel éstos se revierten,

¹ ¿Debería agregar una justificación de esto? ¿Un resumen del desarrollo matemático que está en el James?

² ¿Por qué?

³ ¿Explicar la relación de esto con la amplitud de la onda?

dando lugar a temperaturas ecuatoriales menores que las polares (??). Por encima de 100 hPa de invierno y primavera, hay un máximo relativo en $\sim 45^\circ$ ⁴ y una región de anomalías zonales positivas que se ve claramente incluso en el campo total, particularmente en primavera.

Como se puede apreciar en el campo de T^* (Figura 7.11), en invierno y primavera, los niveles altos están dominados por una onda 1 con máximo en el sur de Australia y mínimo en el Atlántico sur. En niveles más bajos, la onda se defasa hacia el este y queda casi en cuadratura (Figura 7.12) con el máximo en 850hPa en Antártida occidental.

En los trópicos, las anomalías de temperatura presentan un patrón de onda 3 con máximos en los continentes y mínimos en los océanos que se revierten de signo en 100hPa. Estas características tienen su correlato en la altura geopotencial y corresponden a circulaciones tipo Walker⁵.

Cosas para ver:

Coincidencia entre la onda estacionaria 1 en gh y de t (en primavera).

3.3 Viento zonal

La estructura meridional del viento zonal (Figura 7.13) muestra la localización e intensidad de los jets subtropical y subpolar. El primero está presente durante todo el año aunque con mayor intensidad y corrido hacia latitudes más ecuatoriales en invierno y primavera. El segundo está presente principalmente en invierno y primavera, e incipiente en otoño. En la estratosfera se observan vientos del este en latitudes bajas que son más intensos en verano y otoño.

En la Figura 7.14 se observa que el jet subpolar es más intenso al sur de África, donde además se encuentra en una latitud más ecuatorial que en la región del Pacífico. El jet subtropical también tiene un máximo al sur de África y otro al norte de Nueva Zelanda –especialmente en invierno–, donde además se produce una bifurcación del jet. Se trata de una región de persistentes y frecuentes bloqueos (Trenberth y Mo 1985) que se evidencia como anomalías zonales negativas durante todo el año (Figura 7.15).

Las anomalías zonales en la Figura 7.15 también evidencian la circulación tropical forzada por la temperatura superficial del pacífico. Consistene con los campos de temperatura, en verano del pacífico central existen divergencias en niveles altos y convergencias en niveles bajos (no se muestra) que se traducen anomalías zonales positivas y negativas al este y al oeste de 180° respectivamente.

3.4 Viento meridional

En los campos medios zonales de viento meridional (Figura 7.16) se muestra claramente la circulación de Hadley. En verano, la rama ascendente de encuentra en el hemisferio sur y se tiene convergencias en niveles bajos y divergencias en niveles altos. En invierno, en cambio, sólo se ve la rama descendente, mucho más intensa que en verano, que genera convergencias en niveles altos y divergencias en niveles bajos al rededor de los 30°S .

Presentes durante todo el año, los vientos de drenaje antárticos también son evidentes en la Figura 7.16. Estos vientos catabáticos son máximos en la costa del continente y alcanzan su máxima intensidad en invierno.

⁴¿Por qué?

⁵¿Es así?

Los campos horizontales de V se muestran en la Figura 7.17. En invierno, existe evidencia de un tren de ondas de Rossby que se propaga desde el Índico occidental sudeste llegando a su máxima latitud en 150°O donde comienza a propagarse hacia el norte hasta llegar al sur de Sudamérica. Este tren de ondas puede identificarse con mayor dificultad en el campo de geopotencial (Figura 7.5) debido a la interferencia de la onda 1.

También en invierno, en los trópicos se puede observar el viento meridional hacia el norte en 850hPa en la costa oeste de África asociado al monzón de la India. El monzón sudamericano, por su parte, se evidencia por un aumento de la intensidad de los vientos del norte en verano sobre el continente americano. En altura, el monzón de la India se muestra como viento hacia el sur producto de la divergencia de niveles altos generada por la convección anómala. El sudamérica, la alta de Bolivia genera viento hacia el norte y hacia el sur al este y al oeste de Bolivia respectivamente.

La anomalía zonal de V es prácticamente idéntica al campo total ya que la media zonal es casi nula en gran parte del dominio (Figura 7.16); por lo tanto, no se muestra.

hasta acá

3.5 Gradiente meridional de vorticidad absoluta

3.6 Número de onda estacionaria

Cosas para ver:

Máximos asociado con los flancos del jet. Zona “prohibida” en 200 y 300 hPa.

La onda 3 es estacionaria en -60° .

3.7 Función corriente

3.8 Ondas Quasiestacionarias

- Fourier

Cosas para ver:

Estructura. Zona donde onda 3 explica más que la onda 1 (zona marcada en negro)

Cosas para ver:

Onda 1 y 2 principalmente en estratosfera pero baja, salvo en verano. Onda 3 y 4 más de atmósfera media/alta. Región recuadrada: máximo de amplitud de QS 3 y donde su R2 es mayor que la de QS 1.

Capítulo 4

Onda 3

4.1 Características típicas

Cosas para ver:

Solo en 300 porque la estructura es barotrópica (no se gana mucho mirando varios niveles). Localización de los centros de altas y bajas. Corrimiento de fase verano/invierno. Aparente ciclo anual con mínimo en primavera, que luego se ve que no es tan así, parece mínimo porque la fase varía mucho y el promedio se desdibuja mucho.

Esto es el promedio de las ondas 3, pero es idéntico a la onda 3 del promedio.

Cosas para ver:

Estructura vertical barotrópica equivalente. Ciclo anual en la extensión vertical (se ve también en los cortes de amplitud). Aunque notar que en este corte la extensión en primavera parece la menor, pero de nuevo es por la variabilidad en la fase, ya que en el corte de amplitud se ve que la amplitud es mayor en altura incluso que en otoño.

No tengo idea de cómo interpretar esto...

- Wavelets

La amplitud media obtenida mediante wavelets es virtualmente idéntica

Cosas para ver:

* La amplitud de la onda 3 es bastante zonal, pero tiene asimetrías consistentes. En $\sim 60^\circ\text{S}$, la máxima amplitud se da en el hemisferio oeste, mientras que en $\sim 50^\circ\text{S}$ se da en el hemisferio este.

Cosas para ver:

* Si bien el máximo medio de la amplitud se da en $\sim 300\text{hPa}$ (Fig ??) igual que en Fourier, el análisis por longitud muestra algo un poco más complejo. En verano y otoño, la máxima amplitud sigue en 300hPa, pero ésta asciende a entre 100 y 50hPa en invierno y primavera alrededor de 120°O . Además, durante estas estaciones hay indicación de que el máximo cambia de latitud con la altura.

Ventajas y desventajas. Justificación de decisión.

4.2 Antecedentes

Breve comentario sobre los índices usados en otros lados. Discutir ventajas y debilidades.

- Amplitud
- Fase (impacto en SA)

De todo eso, motiva decisión del índice.

- Niveles elegidos
- Promedio vs. máximo
- Composiciones de campos y flujos.
- Decisión del índice.

Quiero hacer el índice a partir de la actividad de la onda 3 tomando la región del máximo (latitud entre -65 y -40, y entre 700 y 100 hPa). Variables posibles: amplitud media, amplitud máxima, r^2 , correlación entre campo teórico y observado.

4.3 Amplitud

4.3.1 Máximo o media.

Cosas para ver:

Casos donde el máximo es mayor pero la media, menor. (1985-01-01 vs 1988-07-01 o). 1987-11-01 vs 2008-01-01 muestra el caso: igual amplitud máxima pero en 2008 está más “concentrada”. Casos donde la actividad está ligeramente fuera de la caja (2000-09-01).

Cosas para ver:

Analizar nivel de similitud entre los campos y similitud entre la estructura de la amplitud.

Cosas para ver:

Relación lineal entre ambas. Ergo, da más o menos igual usar cualquiera.

Luego... concluir que vamos a usar la media.

4.4 Fase

Además de eso, tengo la fase. Puedo tomar la fase media en la región o la fase correspondiente a donde está el máximo de la amplitud (lo que equivale al centro del anticiclón) o la moda de la fase.

(más explicación...)

¿Cuál usar?

Cosas para ver:

Se ve que hay muchos casos donde coinciden bastante bien, pero otros que se alejan mucho. La razón es que al tomar el promedio, puede quedar cualquier cosa si la estructura cambia mucho con la latitud. Por ejemplo, los casos marcados en rojo.

En el primer caso el máximo de geopotencial se encuentra cercano a 0° lo que hace que la fase oscile entre valores cercanos a 0° y a 120° en distintas latitudes a pesar de que representan el mismo centro de

máxima. El promedio, por lo tanto, queda en el centro y termina estando en una región donde el campo de geopotencial de onda 3 es nulo. Si bien la fase de la amplitud máxima y la moda de la fase parecen ser muy distintas, la naturaleza cíclica de la fase implica que representan aproximadamente el mismo punto.

En tercer caso la estructura de onda 3 es de dos centros a distintas latitudes. La fase promedio de ambas (punto negro) representa el punto medio y, por lo tanto, está más cerca del mínimo de geopotencial que del máximo. En este caso la moda de la fase es una mejor representación del campo de onda 3 que la fase del máximo.

En el caso del medio, todo anda bien y los tres puntos coinciden.

Conclusión: vamos a usar la moda de la fase.

Ciclo anual de la fase.

Cosas para ver:

Se ve el ciclo anual que ya se veía en una figura anterior. Pero hay mucha variabilidad.

Recordar que este es aproximadamente el centro del máximo de geopotencial y que, por construcción, hay un centro de mínima a 60° . Eso implica que en los casos donde hay puntos cerca de -120° o 0° , hay el centro de mínima está en $\sim 60^\circ$.

También notar que, como se trata en realidad de una variable cíclica, los puntos extremos representan una situación similar.

¿Hay mucha diferencia entre el boxplot con todos los datos y el de sólo los 20 más intensos? Yo no veo mucha y me parece que excluir a los 10 más débiles invita más preguntas que las que responde.

Cosas para ver:

La mayoría del tiempo estamos afectados por centro de máxima, pero hay casos intensos donde hay mínima. Especialmente en junio y julio.

4.5 Estaciones

¿Cómo establecer una “estacionalidad”? Algún criterio para agrupar meses. Claramente las estaciones climatológicas de siempre no sirven.

Una forma es, a partir del índice, agrupar los meses según su amplitud y fase media:

Otro ejemplo podría usar SVD:

Cosas para ver:

Los campos son descriptos bien por sólo 2 componentes principales de igual magnitud que esencialmente describen el corrimiento de fase de la onda. La “magnitud” del vector de componentes mapea bien a la amplitud de fourier y la diferencia mapea bien a la fasae. No hay nada nuevo por acá.

Grupos: * Enero + Febrero + Marzo es un grupo bastante seguro. Se ven juntos en el diagrama amplitud-fase, tienen alta correlación entre ellos y en componentes principales tienen PC1 significativamente mayor que PC2. * Junio + Julio parecen ir por su cuenta. Tienen mucha correlación entre ellos y ambos tienen PC2 mayor que PC1 aunque su fase difiere bastante.

Los otros meses quedan medio mezclados, pero pueden agruparse como meses de “transición”.

4.6 Persistencia (ver dónde va)

4.7 R2

Se puede estimar de dos maneras distintas: a partir del ajuste de fourier para cada nivel y latitud (figura blabla) y haciendo un promedio, o reconstruyendo el campo tridimensional de la onda 3 y haciendo la correlación (global) con el campo tridimensional observado. Esta segunda forma da casi siempre un valor menor.

Para ver:

La relación ya no es lineal y hay bastante más scatter. Ergo, hay diferencia en la información.

Dos regímenes: Cuando el R^2 es bajo, la relación es “menor” que 1:1 y hay algunos casos donde el R^2 reconstruido es mayor que el r^2 medio. Para R^2 más grandes, la pendiente es 1. Modelar la relación... ¿Cómo se interpreta?

Cosas para ver:

Comparando con las figuras anteriores, casos donde la amplitud es grande pero el R^2 no tanto.

Cosas para ver:

El ciclo anual no es para nada tan claro. Varios outliers. La correlación reconstruida (azul) no tiene casi ciclo anual.

Una ventaja de la correlación entre el campo real y el reconstruido es que puede hacerse para cada punto y analizar la variación espacial de la misma.

Cosas para ver:

Esto es, para cada punto de grilla, la correlación entre el campo observado y el reconstruido en todos los meses y años. Además de la dependencia latitudinal de la importancia de la onda 3 (que se puede ver en los cortes anteriores), se ve la dependencia zonal. La onda 3 es más importante en el Pacífico sur que en el Atlántico o el Índico. Además, se ve un patrón de altas correlaciones que asemejan a un tren de ondas. ¿Confirma? lo que se ve en en análisis de wavelets.

Conclusión: no voy a usar el r^2 a partir del campo reconstruido.

4.8 Regresiones

4.8.1 Geopotencial

Cosas para ver:

* Además los patrones de onda 3, en julio y diciembre aparece un patrón de SAM positivo y negativo respectivamente.

4.8.2 Función Corriente

4.9 Composición de campos.

Descripción de la selección.

Cosas para ver:

Años con coincidencia, años sin coindicencia. Meses donde la fase coincide (julio) vs meses donde no coindice (septiembre). También, años donde hay seguidilla de meses seleccionados (1999). Aunque posiblemente sea casualidad (no hay mucha persistencia mes a mes.)

Pequeña digresión: Efecto de la fase.

La climatología de la fase se va a discutir más adelante, pero... discutir el efecto de promediar campos con similar amplitud pero fase distinta. Del gráfico, septiembre tiene 1997 y 2003 con fase a 180° , lo que significa que va a haber cancelación parcial. Enero, por el contrario, no tiene ningún año en contrafase, aunque sí algunos a 90° , que desdibujan el patrón.

Cosas para ver:

Ambos criterios coinciden en casi todos los años seleccionados, así que no hay mucha diferencia. En efecto, las composiciones son casi iguales (no se muestra). Voy a usar la amplitud.

Estos gráficos me parecen importantes para ver lo que hay “adentro” de la composición, pero no sé bien qué decir sobre ellos. Supongo que lo principal es que hay años donde la onda

4.10 Fuentes de variabilidad interna

(Discusión escrita más de papers), Pero nos concentraremos en la fuente externa.

4.11 Fuentes externas

4.11.1 SST

Campos de correlación con SST y OLR, principalmente ¿Discusión de otros forzantes?

Capítulo 5

Experimentos

5.1 Validación SPEEDY

Validación de la corrida control

- Comparación campos medios.

Acá un problemita es que en speedy no tengo el nivel de 50hPa, sólo tengo 925, 850, 700, 500, 300, 200, 100, 30. Podría usar 30, pero eso es la tapa del modelo...

- Altura geopotencial (gh) Para el caso del campo total, la correlación del campo es buena (>0.8) en casi todos los niveles y meses, excepto en 30hPa durante verano donde los campos están anticorrelacionados! La parte asimétrica zonal muestra valores menores, indicando que gran parte de la correlación del campo total se debe a la capacidad del modelo de reproducir el gradiente meridional. Sin embargo, se siguen obteniendo correlaciones >0.6 en casi todos los niveles y estaciones. Se observa un mínimo relativo en 500hPa donde se tienen correlaciones menores durante casi todo el año y uno en niveles altos centrado en invierno y primavera.
- Viento zonal (U) Las correlaciones con el campo total son $>=0.8$ en todo el año y todos los niveles, sin embargo, la parte asimétrica muestra correlaciones mucho más baja con un máximo de ~ 0.6 en 925hPa. Esto indica que el modelo resuelve correctamente la estructura media del Jet, pero no sus variaciones zonales.
- Viento meridional (V) Los campos de correlación son prácticamente idénticos entre parte total y parte asimétrica. Ésta muestra un patrón de bajas correlaciones en general.
- Temperatura (T) La correlación con el campo total muestra una estructura similar que la altura geopotencial, con una excelente correlación en todos los meses para niveles mayores a 200hPa, pero anticorrelacionado en niveles altos en todos los meses salvo en invierno. La parte asimétrica muestra correlaciones bajas en todos los niveles salvo en 925hPa.
- Gradiente meridional de vorticidad absoluta. Tiene correlación moderada con un mínimo relativo en 200hPa en verano que en las otras estaciones se convierte en un máximo.

5.1.1 Altura Geopotencial

Anomalía

Veredicto:

- * Agarra bien la anomalía zonal aunque con magnitud menor.

El corte zonal evidencia que además de tener menor amplitud, la estructura vertical de las anomalías es barotrópica equivalente en Speedy, a diferencia de la estructura baroclínica de NCEP.

5.1.2 Temperatura

En 850 tiene una fuerte onda 1 en latitudes polares producida por la topografía de la Antártida y representa bien las anomalías causadas por los continentes, aunque en menor amplitud.

En 200, falla miserablemente. La onda 1 polar que se ve bien claro en NCEP ni aparece en SPEEDY, mientras que en latitudes medias aparecen ligeras anomalías que no se observan en las observaciones.

5.1.3 Viento zonal

Cosas para ver:

- * Speedy no logra desarrollar un jet polar por la falta de niveles verticales en la estratosfera. Tampoco reproduce los estes estratosféricos en latitudes bajas. Su jet subtropical es más intenso y su máximo se da ligeramente en niveles más altos en NCEP.

Campo medio (me parece que no lo voy a poner, no agrega información que no esté en el anterior y en el de geopotencial.)

Cosas para ver:

Jet polar en invierno y primavera en niveles altos (< 100 hPa). Jet subtropical en niveles “medios”.

5.1.4 Gradiente meridional de vorticidad absoluta

Comparando con la figura ??, los gradientes son menores y más zonales. Es significativo que la región “prohibida” en invierno de niveles altos es menor en 200hPa y casi desaparece en 300hPa.

5.1.5 Número de onda estacionaria

Comparando con ?? la mayor diferencia es la desaparición de una región de propagación impedida en ~40° en el Índico y el Pacífico en Otoño.

En promedio zonal, sin embargo, SPEEDY funciona bien.

5.1.6 Función corriente

5.1.7 Onda 3

La onda 3 no está muy bien representada en el modelo. Aunque la estructura vertical y la posición meridional está bien (salvo en otoño), la amplitud es mucho menor. La fase, además, está corrida ligeramente en verano, pero quedando en cuadratura en invierno y defasado 180 en primavera.

5.2 Comparación

Comparación entre corridas ### Altura geopotencial

5.2.1 Temperatura

ONo hay casi diferencia entre las corridas.

5.2.2 Viento zonal

5.2.3 Función corriente

5.2.4 Onda 3

5.3 Regresión

5.4 Cosas inesperadas...

- ??
- protif!

Capítulo 6

Conclusiones

Capítulo 7

Agradecimientos

Referencias

- Quintanar, Arturo I., y Carlos R. Mechoso. 1995. «Quasi-Stationary Waves in the Southern Hemisphere. Part II: Generation Mechanisms». *Journal of Climate* 8 (11): 2673-90. doi:10.1175/1520-0442(1995)008<2673:QSWITS>2.0.CO;2.
- Trenberth, Kevin E., y K. C. Mo. 1985. «Blocking in the Southern Hemisphere». doi:10.1175/1520-0493(1985)113<0003:BITSH>2.0.CO;2.
- Vera, Carolina, Gabriel Silvestri, Vicente Barros, y Andrea Carril. 2004. «Differences in El Niño response over the Southern Hemisphere». *Journal of Climate* 17 (9): 1741-53. doi:10.1175/1520-0442(2004)017<1741:DIENRO>2.0.CO;2.

Índice de figuras

7.1	Ejemplo fourier - fig:fourier-ejemplo	31
7.2	Wavelets - fig:wavelet-ejemplo	32
7.3	Campo de Z (NCEP) - fig:gh-ncep	33
7.4	Gradiente meridional de Z - fig:ghdy-ncep-corte	34
7.5	Anomalía zonal de altura geopotencial. - fig:ghz-ncep	35
7.6	Corte zonal de anomalía de geopotencial en -60°.fig:ghz-ncep-corte60	36
7.7	Transportes - fig:uzvz-ncep-corte - SÓLO BORRADOR	37
7.8	Desvío estándar por círculo de latitud. - fig:sd-gh-ncep	38
7.9	Temperatura media. - fig:t-ncep	39
7.10	Corte meridional de temperatura media.fig:tz-ncep-corte	40
7.11	Anomalía zonal de temperatura. - fig:tz-ncep	41
7.12	Corte zonal de anomalía de temperatura en -60°. - fig:tz-ncep-corte60	42
7.13	Viento zonal medio. - fig:u-ncep-corte	43
7.14	Viento zonal. - fig:u-ncep	44
7.15	Anomalía zonal de viento zonal. - fig:uz-ncep	45
7.16	Media zonal del viento meridional.fig:v-ncep-corte	46
7.17	Viento meridional medio. - fig:v-ncep	47
7.18	Z* menos onda 1. - fig:ghminus1-ncep - SÓLO BORRADOR	48
7.19	Gradiente meridional de vorticidad absoluta. - fig:etady-ncep	49
7.20	Número de onda estacionario en 200hPa.fig:ks-ncep	50
7.21	Número de onda estacionario medio por círculo de latitud.fig:ks-ncep-corte	51
7.22	Función corriente x 1099fig:psi-ncep	52
7.23	R ² de Fourier.fig:r2-ncep	53
7.24	Amplitud de Fourier.fig:ampl-ncep	54
7.25	Media de reconstrucción de onda 3. - fig:qs3-ncep	55
7.26	Cortefig:qs3-ncep-corte	56
7.27	Desvío estándar de la reconstrucción de QS3. - fig:qs3sd-ncep	57
7.28	Amplitud de wavelets (sombreados) y de fourier (contornos)fig:wavelet-fourier-ncep	58
7.29	Campo medio de la amplitud de la onda 3 según wavelets (contornos) y su anomalía zonal (sombreado) en 300hPa.fig:waveletz-ncep	59
7.30	Corte zonal en -60° de la amplitud media de la onda 3 según wavelets (contornos) y su anomalía zonal (sombreado).fig:wavelet-ncep-corte	60
7.31	Distribució de amplitud para 12 fechas. En rojo la amplitud máxima, en azul la amplitud media.fig:ampl-max-mean	61
7.32	Corte vertical de amplitudfig:ampl-max-mean-corte	62
7.33	Anomalía zonal geopotencial en 300hPa para fechas seleccionadas. - fig:ghz-ncep-select	63
7.34	Correlación entre amplitud máxima y media.fig:cor-mean-max	64
7.35	Amplitud media - fig:ampl-ts	65
7.36	Fase promedio vs Fase del máximofig:lon-phase	66
7.37	Campo de onda 3 reconstruido para junio de 2013. El punto rojo es la fase en la latitud de amplitud máxima; el punto negro, la fase promedio; el punto azul, la moda de la fase. El rectángulo la región donde puede encontrarse la fase. Los límites meridionales definidos por la región donde se calcula el índice y los zonales por 360/3.fig:fase-mal	67
7.38	Ciclo anual de la fase (20 mayores amplitudes para cada mes)fig:fase-boxplot	68
7.39	Centros de máxima (puntos rojos) y mínima (puntos azules) para los 10 años con mayor amplitud de la onda 3, para cada mes.fig:centros-10max	69

7.40 Amplitud y fase media para cada mes.fig:ampl-vs-fase	70
7.41 Análisis SVD de QS3.probablemente basurafig:eof	71
7.42 'Magnitud' y 'Fase' de cada mes a partir de las componentes principalesfig:eof1-eof2	72
7.43 Correlación lageada para cada mes con los 12 siguientes.fig:lag-cor	73
7.44 Relación entre R2 medio y R2 reconstruido.fig:r2-cor2	74
7.45 R2 mediofig:r2-corte	75
7.46 R2 medio - fig:r2-ts	76
7.47 Correlación cuadrada media para estaciones según onda3.fig:cor-campo	77
7.48 Regresión sobre amplitud.fig:regr-gh-ncep	78
7.49 Igual que figura XX, pero en proyección polar para julio y septiembre.fig:regr-gh-polar . .	79
7.50 Relación entre amplitud media de la onda 3 y el SAMfig:sam-ampl	80
7.51 Regresión de Psi con la amplitud. - fig:regr-psi-ncep	81
7.52 Tabla de selecciónfig:seleccion-tabla	82
7.53 Tabla de interacciónfig:interaccion-tabla	83
7.54 Composición de camposfig:gh-comp	84
7.55 Campos para los 10 eneros seleccionados.fig:gh-qs3-select-ene	85
7.56 Campos para los 10 septiembrese seleccionados.fig:gh-qs3-select-sep	86
7.57 Regresión de SST con la amplitud de la onda 3fig:regr-sst-ncep	87
7.58 Correlación lineal entre campos de SPEEDY y NCEP.fig:cor-sp-nc	88
7.59 Anomalía zonal de altura geopotencial (speedy sombreado, ncep contornos)fig:ghz-sp-nc .	89
7.60 Diferencia entre speedy y ncepfig:ghz-dif-sp-nc	90
7.61 Corte zonal de anomalía de geopotencial en -60° (speedy sombreado, ncep contornos).fig:ghz-sp-nc-corte60	91
7.62 Temperaturafig:t-nc-sp	92
7.63 T*fig:tz-sp-nc	93
7.64 Viento zonal medio (speedy contornos, ncep sombreado). - fig:u-sp-nc-corte	94
7.65 Viento zonal (contornos ncep, sombreado speedy).fig:u-sp-nc	95
7.66 Diferencia entre ncep y speedy en viento zonalfig:u-dif-sp-nc	96
7.67 Gradiente meridional de vorticidad absoluta (speedy).fig:etady-sp-nc	97
7.68 Número de onda estacionario en 300hPa (speedy).fig:ks-sp	98
7.69 Número de onda estacionario medio por círculo de latitud.fig:ks-sp-nc-corte	99
7.70 Función corriente x 1099fig:psi-sp	100
7.71 Amplitud de Fourier (speedy en sombreado, ncep en contornos).fig:ampl-sp-nc	101
7.72 Media de reconstrucción de onda 3 (sombreado speedy, contornos ncep)fig:qs2-sp-nc . .	102
7.73 Anomalía zonal de altura geopotencial.fig:ghz-sp-runs	103
7.74 Diferencia Control - corrida para Z* - fig:ghz-dif-sp-runs	104
7.75 Temperatura media en 850hPa.fig:t-sp-runs	105
7.76 Temperatura media en 850hPa.fig:tz-sp-runs	106
7.77 Diferencia Control - corrida para T* - fig:tz-dif-sp-runs	107
7.78 Viento zonalfig:uz-sp-runs	108
7.79 Diferencia control - corrida para U. - fig:u-dif-sp-runs	109
7.80 Anomalía zonal de función corriente y flujos de acción de onda.fig:psi-sp-runs	110
7.81 Diferencia en psi.z y flujos de acción de onda.fig:psiz-dif-sp-runs	111
7.82 Amplitud media de la onda 3 para cada corrida.fig:ampl-sp-runs	112
7.83 Diferencia de amplitud entre la corrida control y cada corrida.fig:ampl-dif-sp-runs . . .	113
7.84 Ciclo anual de amplitud de onda 3.fig:index-sp-boxplot	114
7.85 Regresión en función corriente. - fig:regr-psi-sp-runs	115

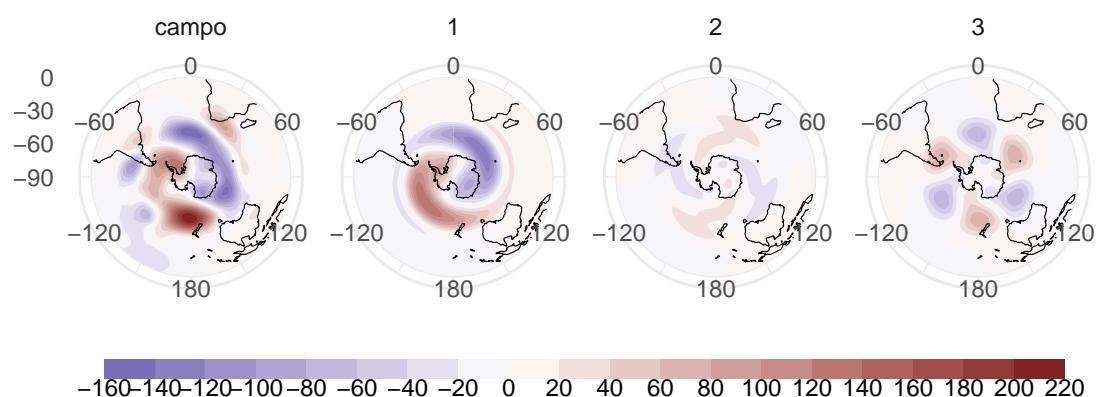


Figura 7.1: Ejemplo fourier - fig:fourier-ejemplo

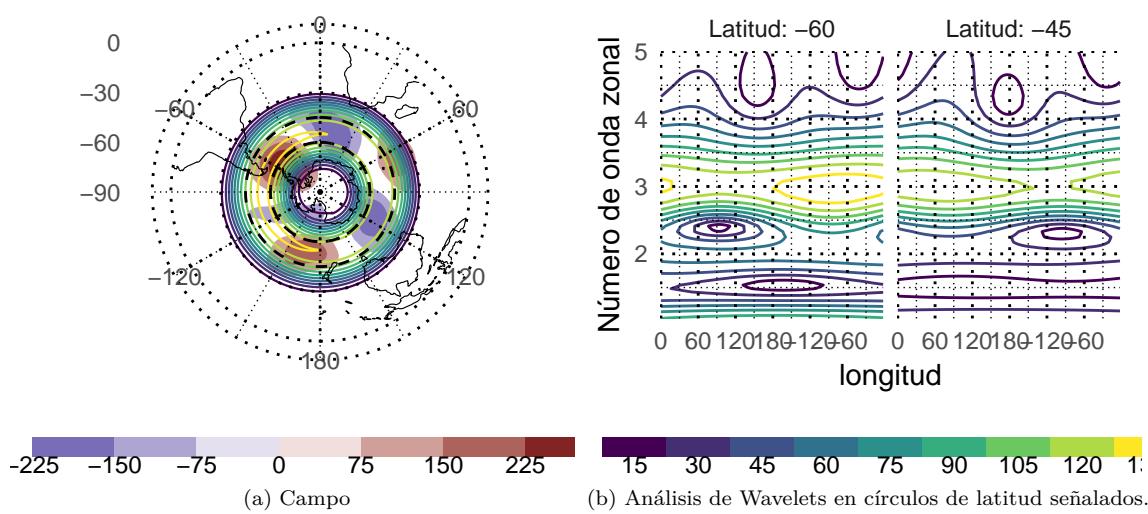


Figura 7.2: Wavelets - fig:wavelet-ejemplo

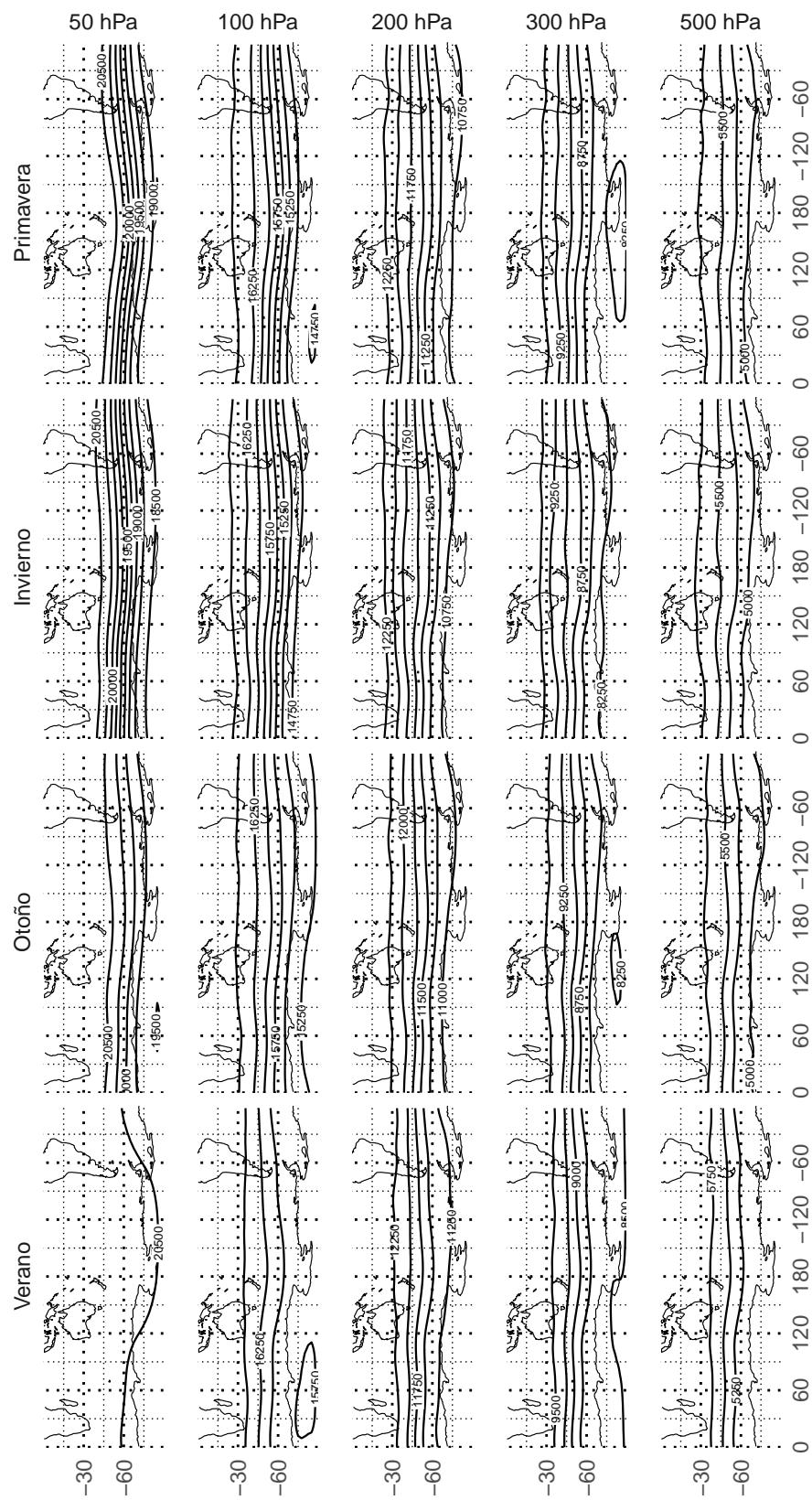


Figura 7.3: Campo de Z (NCEP) - fig:gh-ncep

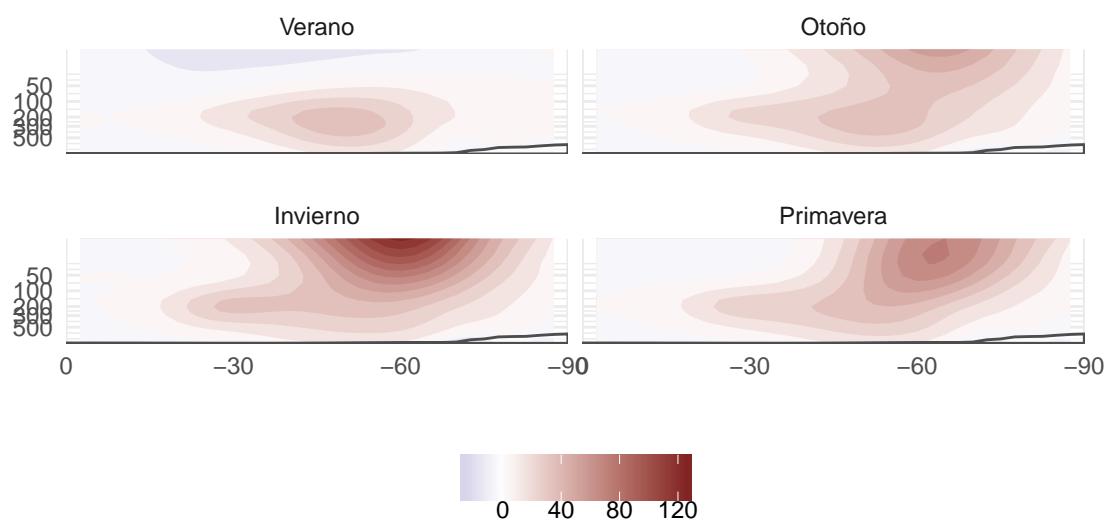


Figura 7.4: Gradiente meridional de Z - fig:ghdy-ncep-corte

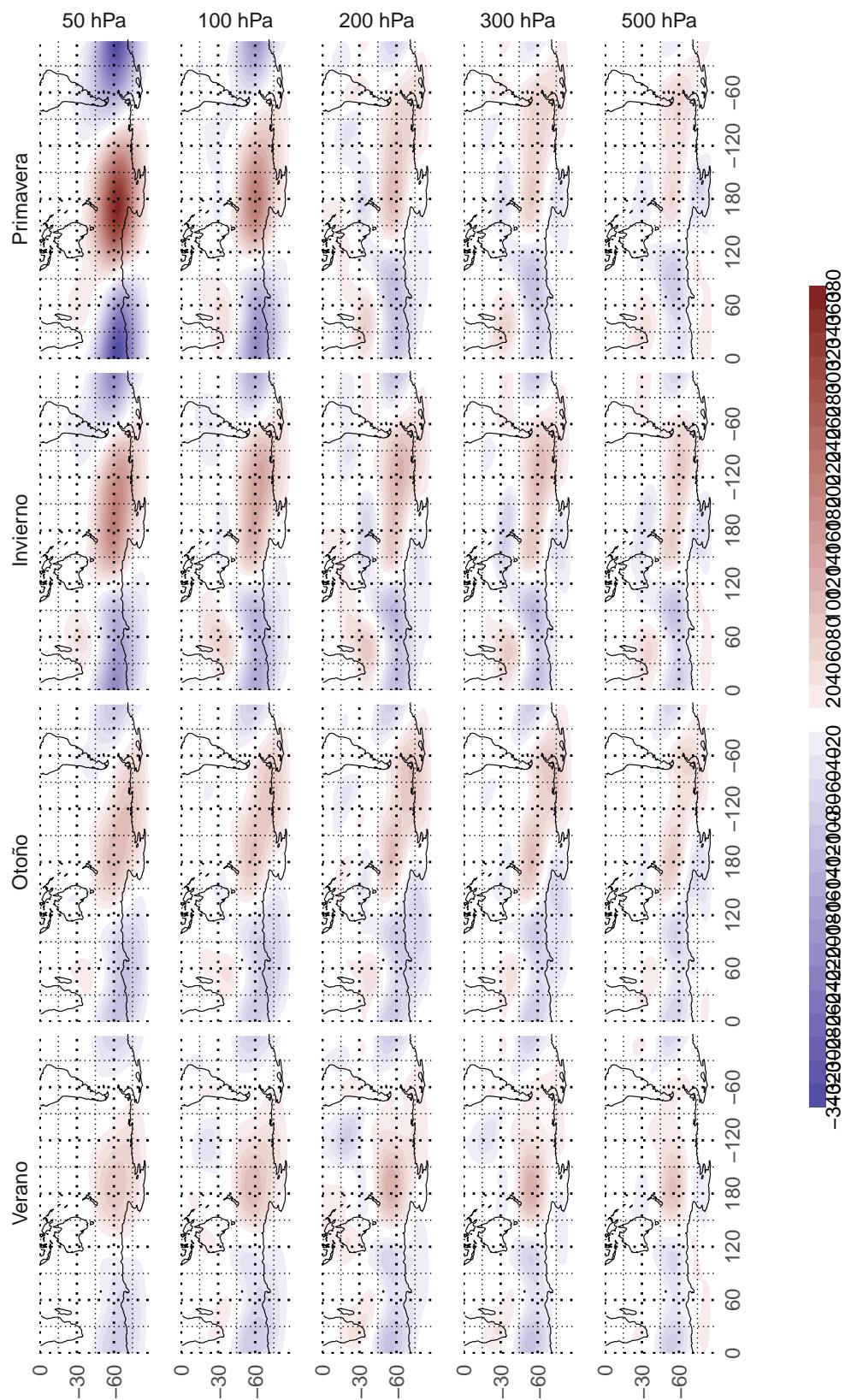


Figura 7.5: Anomalía zonal de altura geopotencial. - fig:ghz-ncep

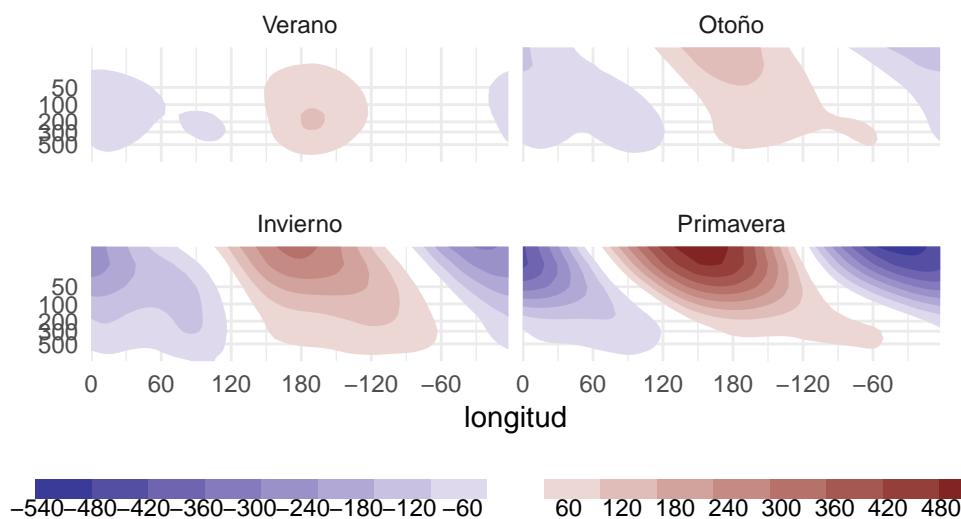


Figura 7.6: Corte zonal de anomalía de geopotencial en -60° . fig:ghz-ncep-corte60

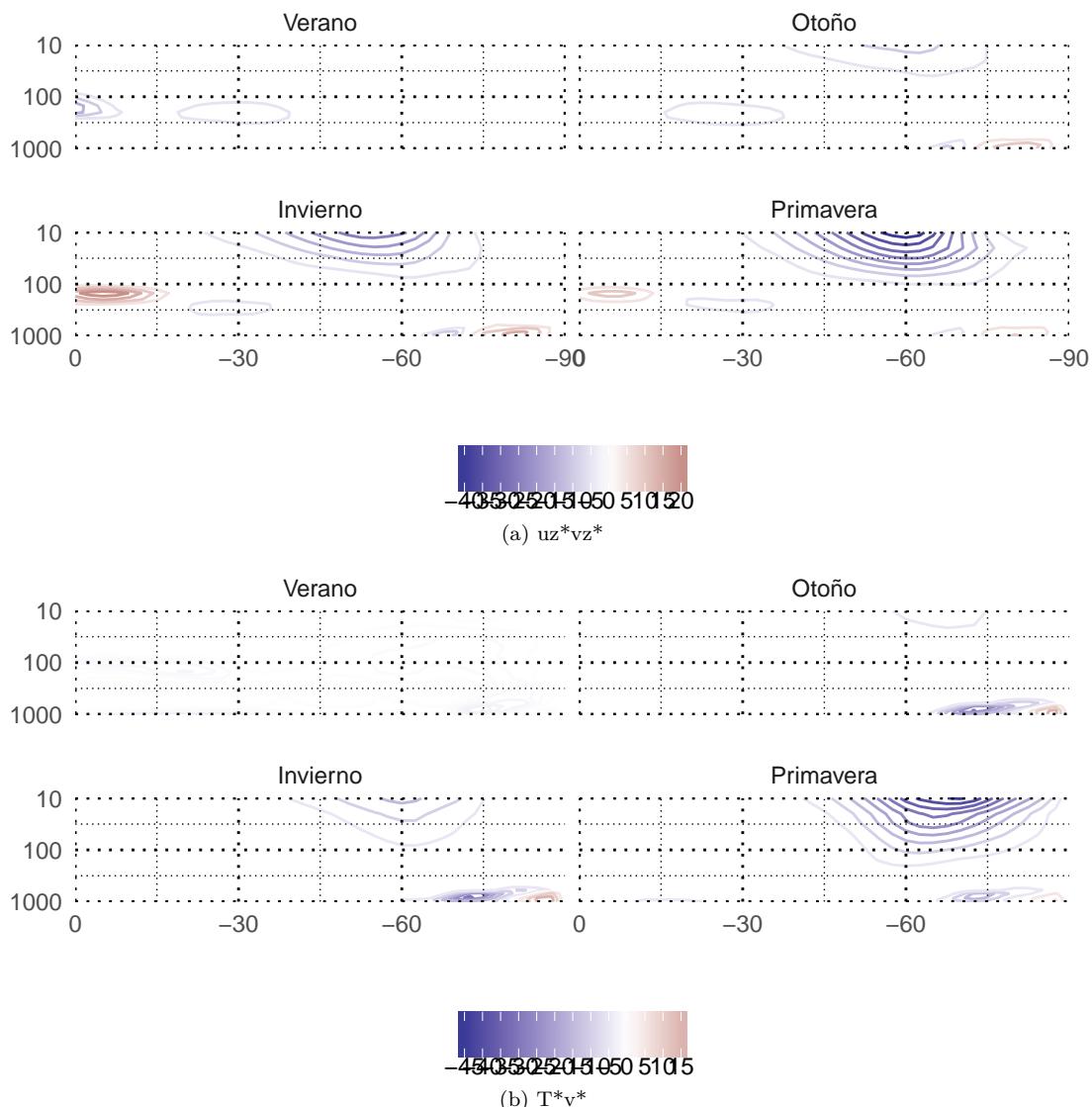


Figura 7.7: Transportes - fig:uzvz-ncep-corte - SÓLO BORRADOR

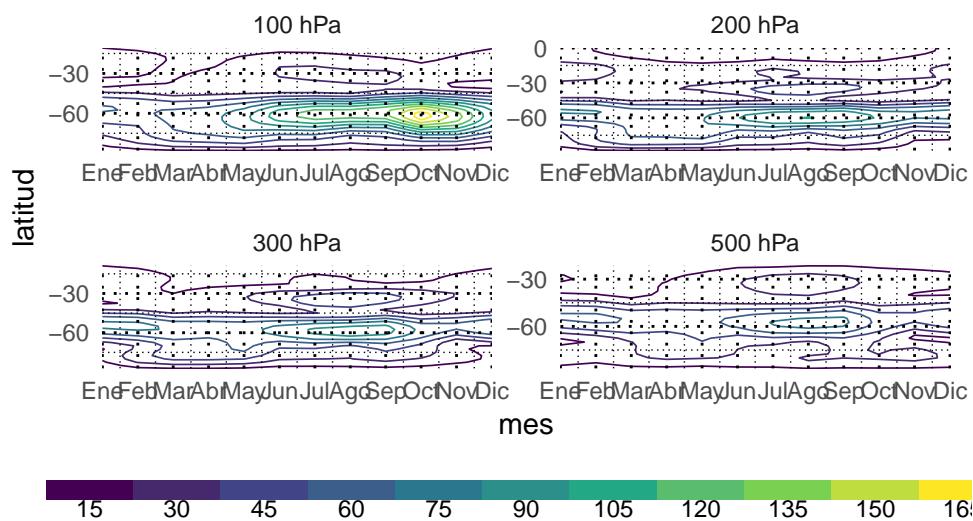


Figura 7.8: Desvío estándar por círculo de latitud. - fig:sd-gh-ncep

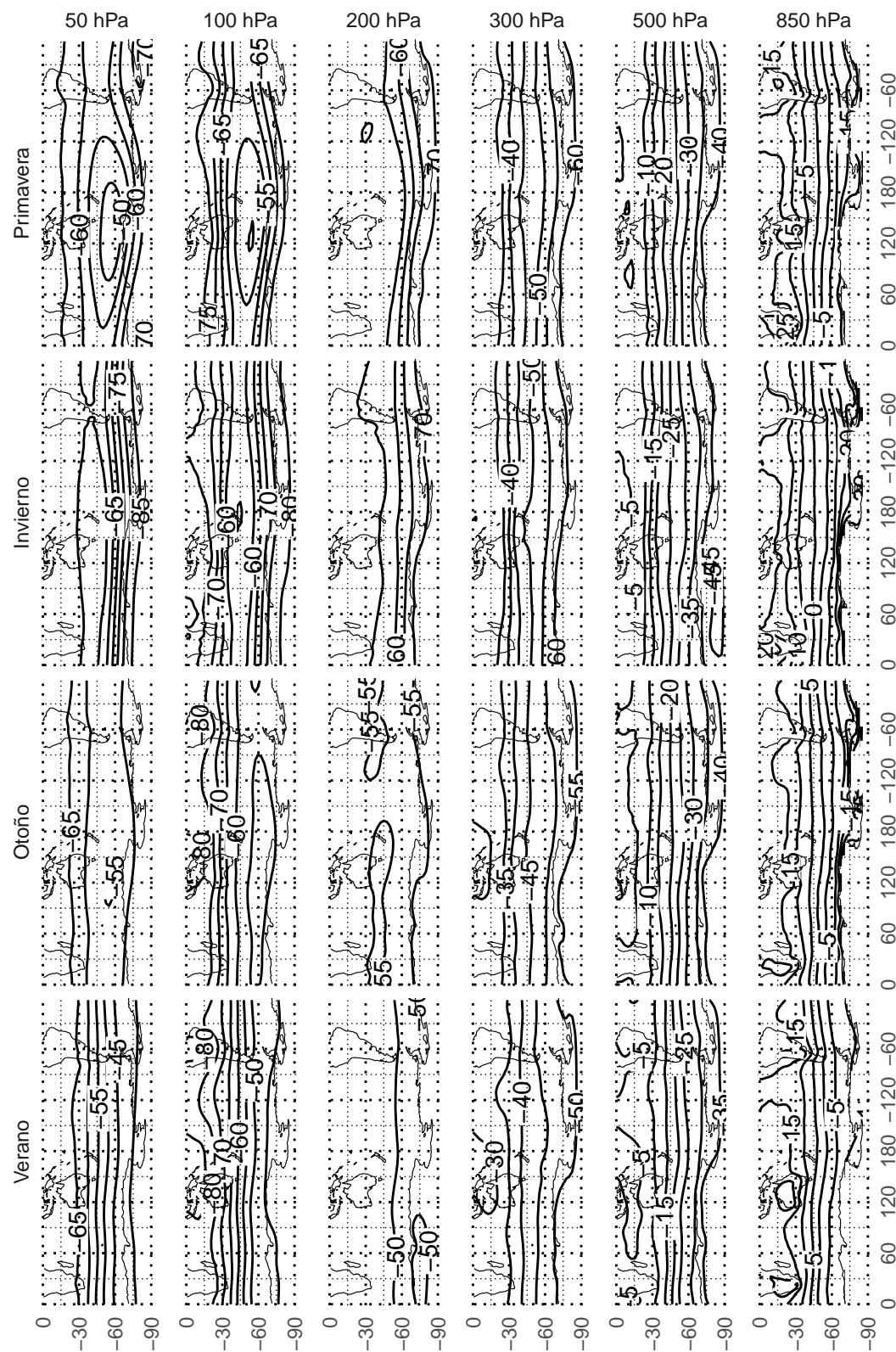


Figura 7.9: Temperatura media. - fig:t-ncep

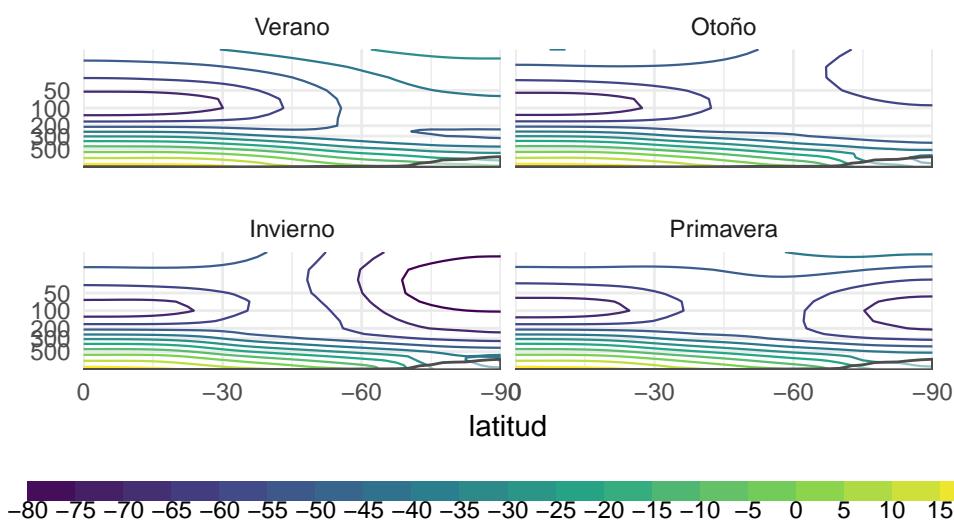


Figura 7.10: Corte meridional de temperatura media.fig:tz-ncep-corte

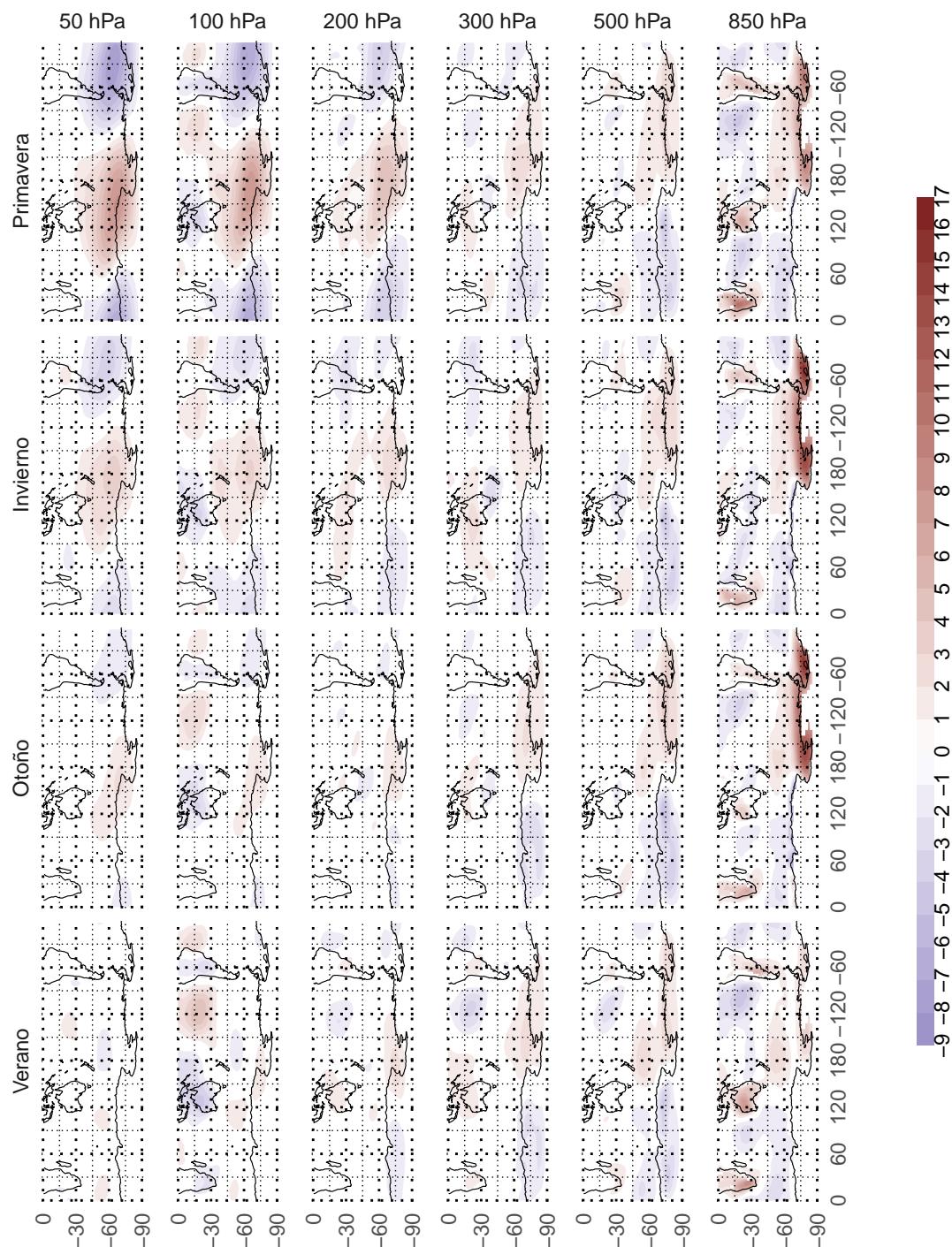


Figura 7.11: Anomalía zonal de temperatura. - fig:tz-ncep

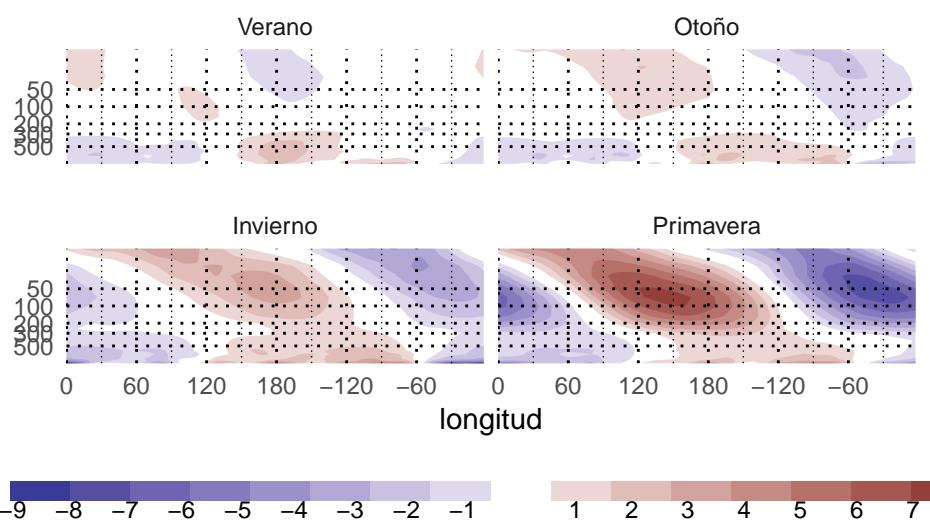


Figura 7.12: Corte zonal de anomalía de temperatura en -60° . - fig:tz-ncep-corte60

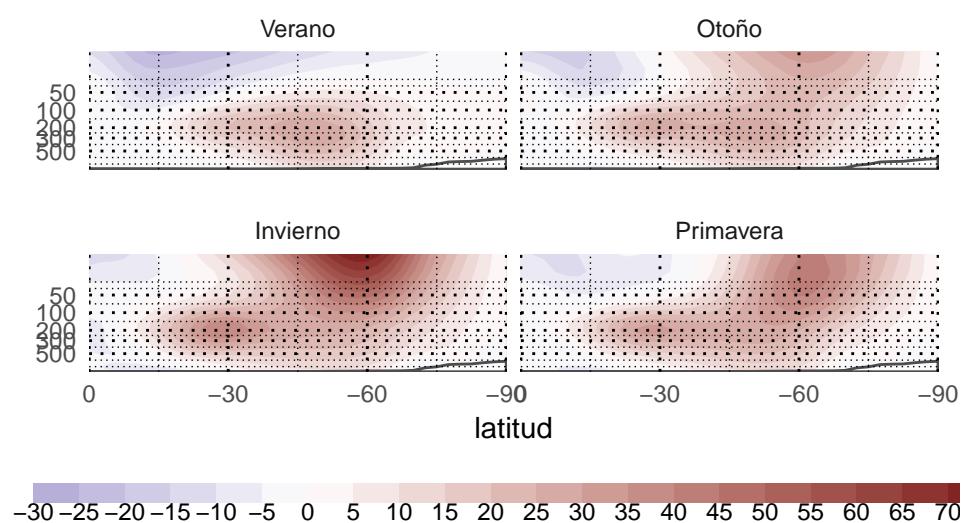


Figura 7.13: Viento zonal medio. - fig:u-ncep-corte

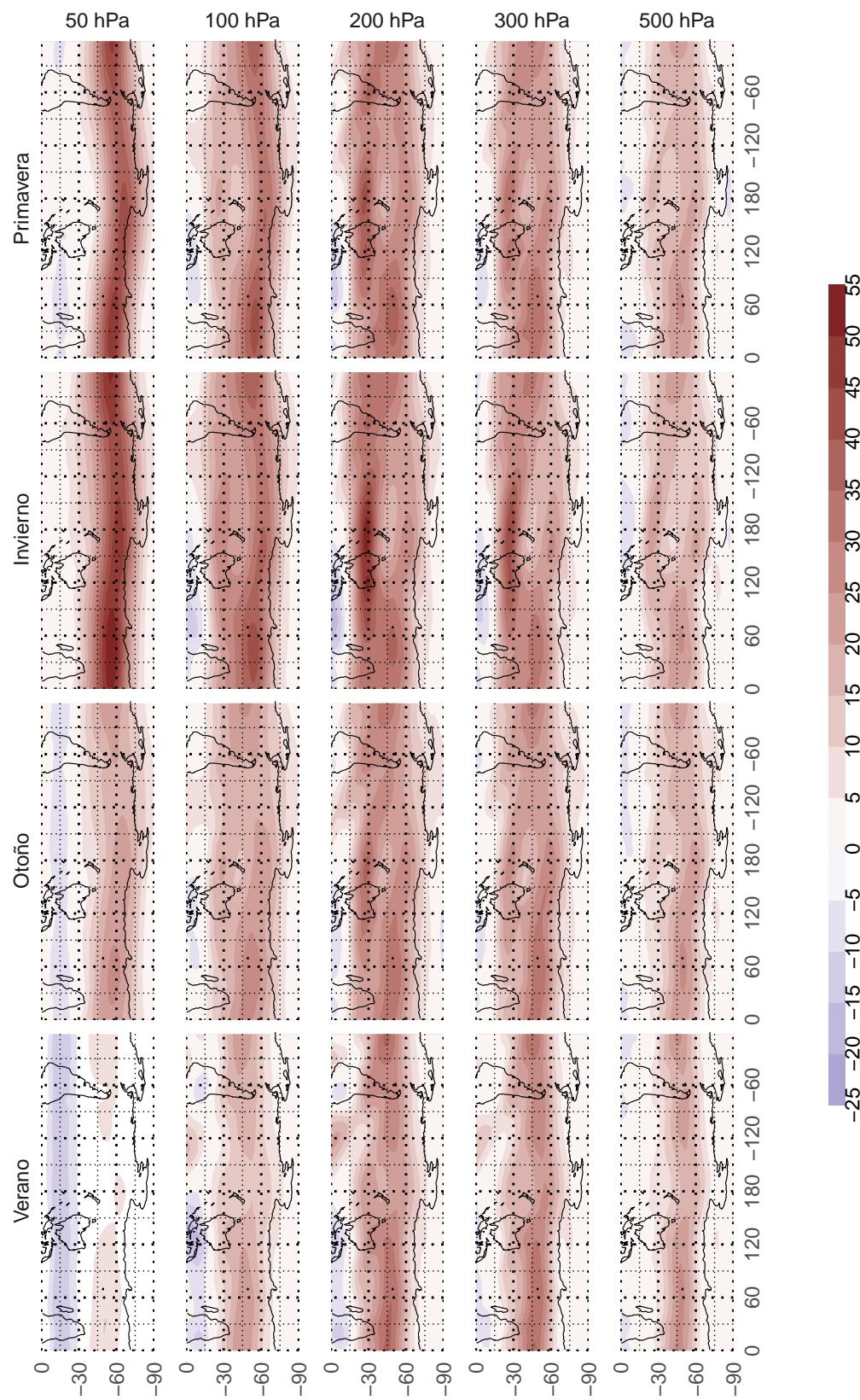


Figura 7.14: Viento zonal. - fig:u-ncep

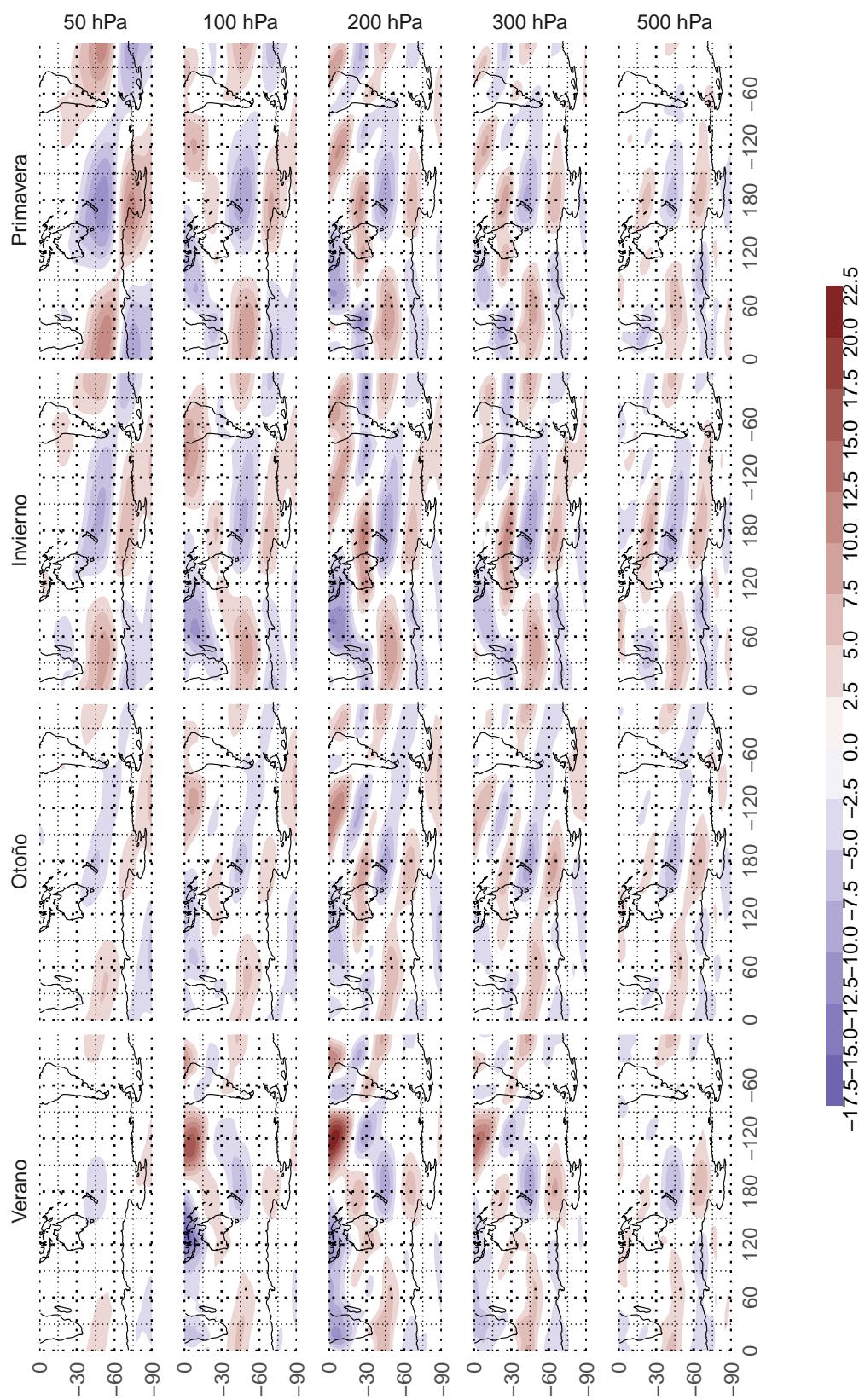


Figura 7.15: Anomalía zonal de viento zonal. - fig:uz-ncep

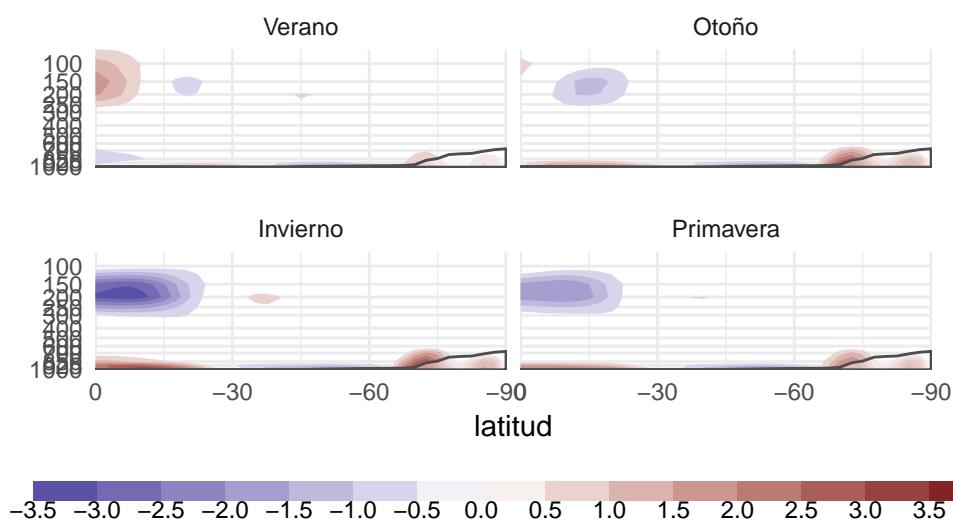


Figura 7.16: Media zonal del viento meridional.fig:v-ncep-corte

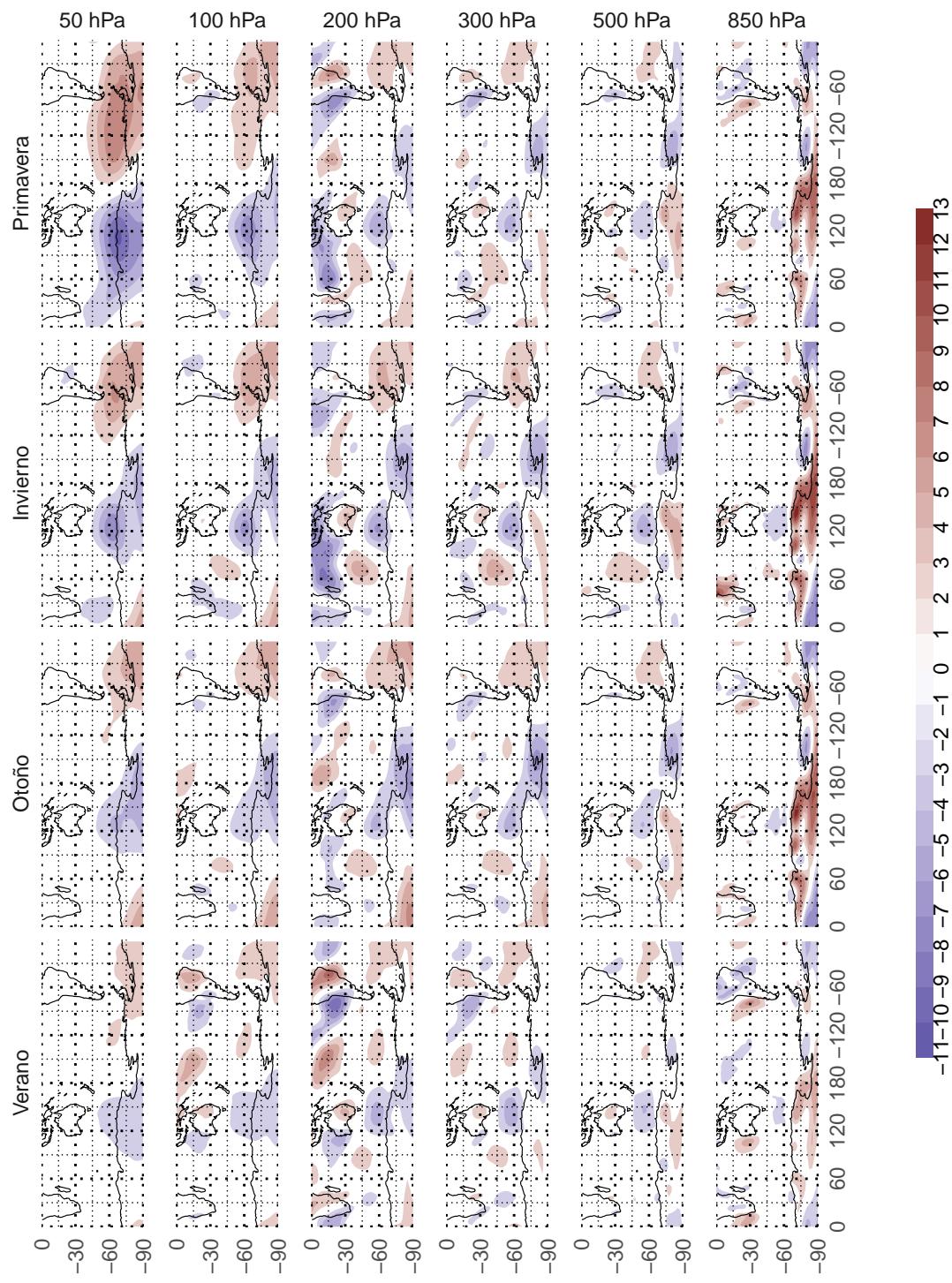


Figura 7.17: Viento meridional medio. - fig:v-ncep

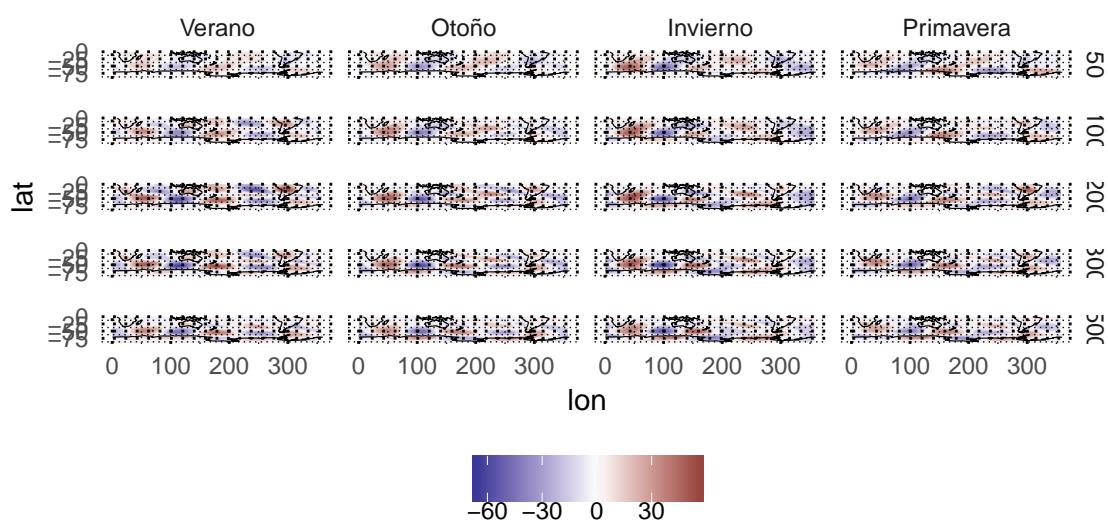


Figura 7.18: Z^* menos onda 1. - fig:ghminus1-ncep - SÓLO BORRADOR

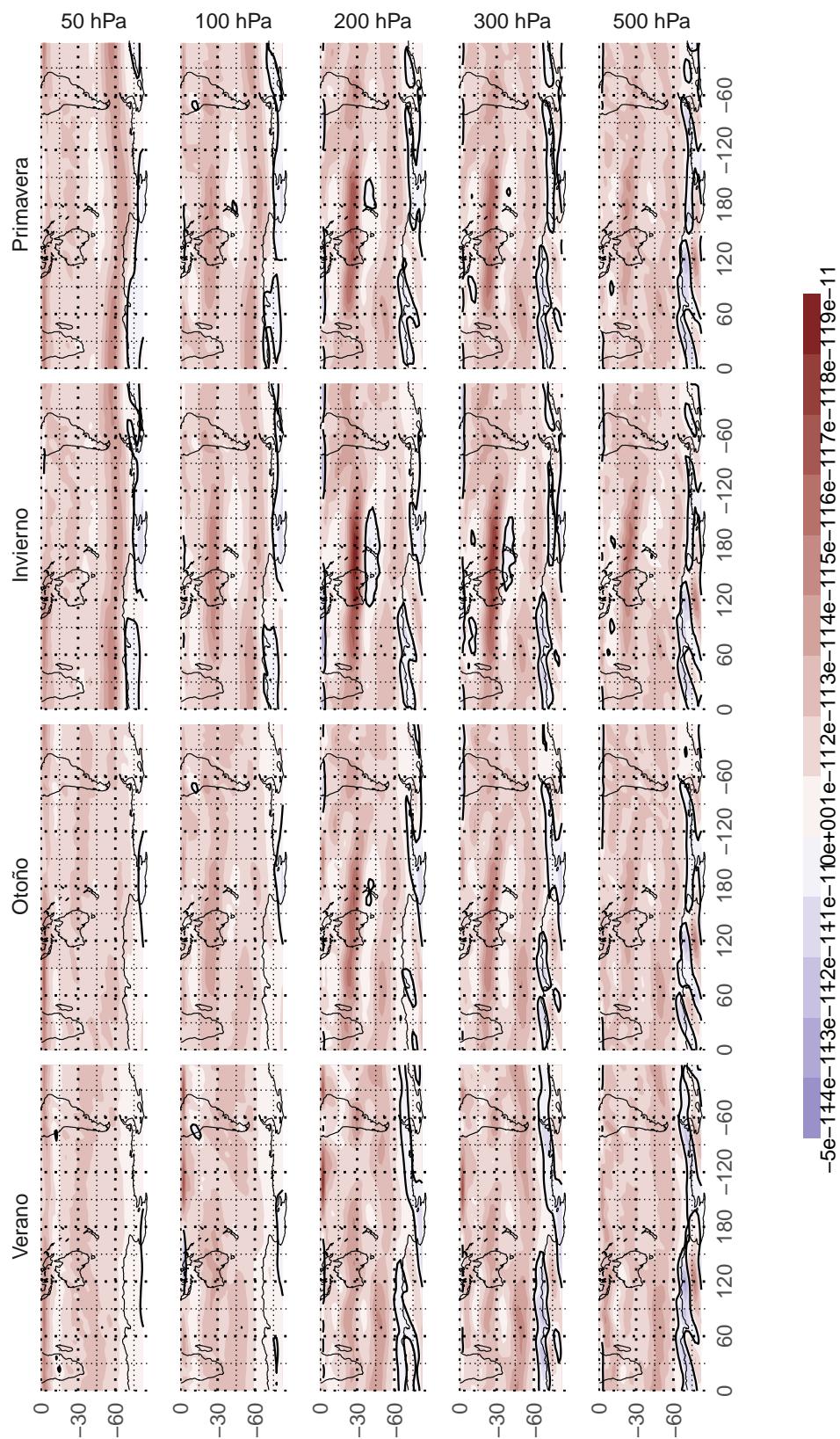


Figura 7.19: Gradiente meridional de vorticidad absoluta. - fig:etady-ncep

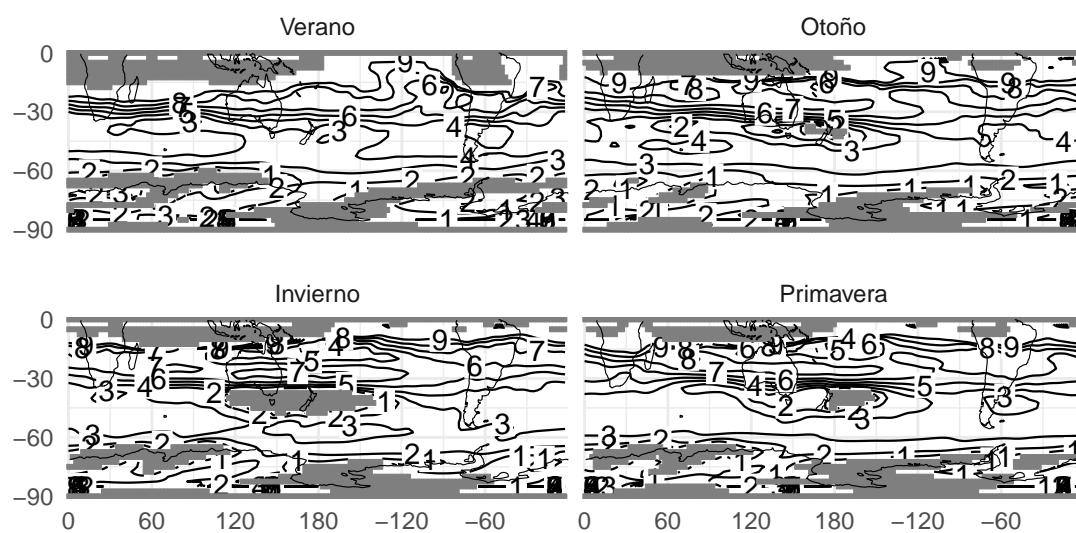


Figura 7.20: Número de onda estacionario en 200hPa.fig:ks-ncep

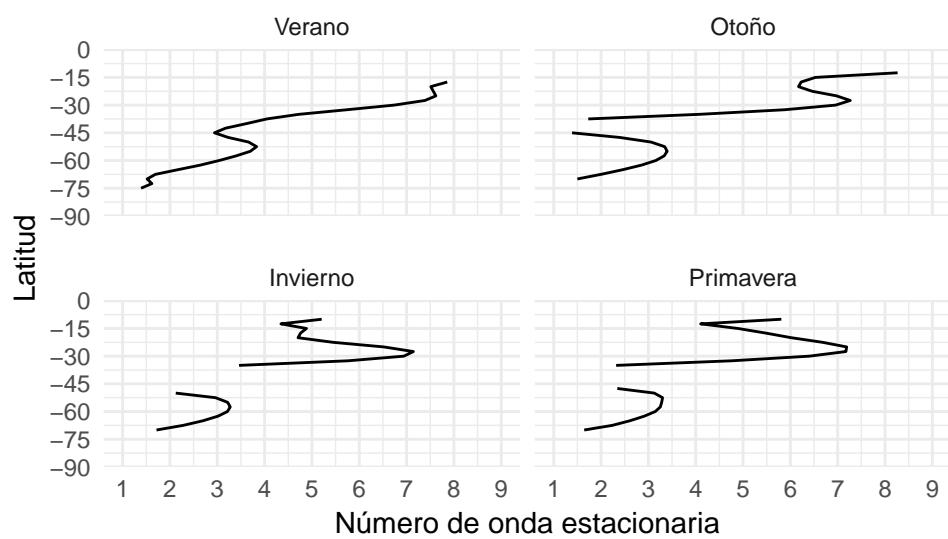


Figura 7.21: Número de onda estacionario medio por círculo de latitud.fig:ks-ncep-corte

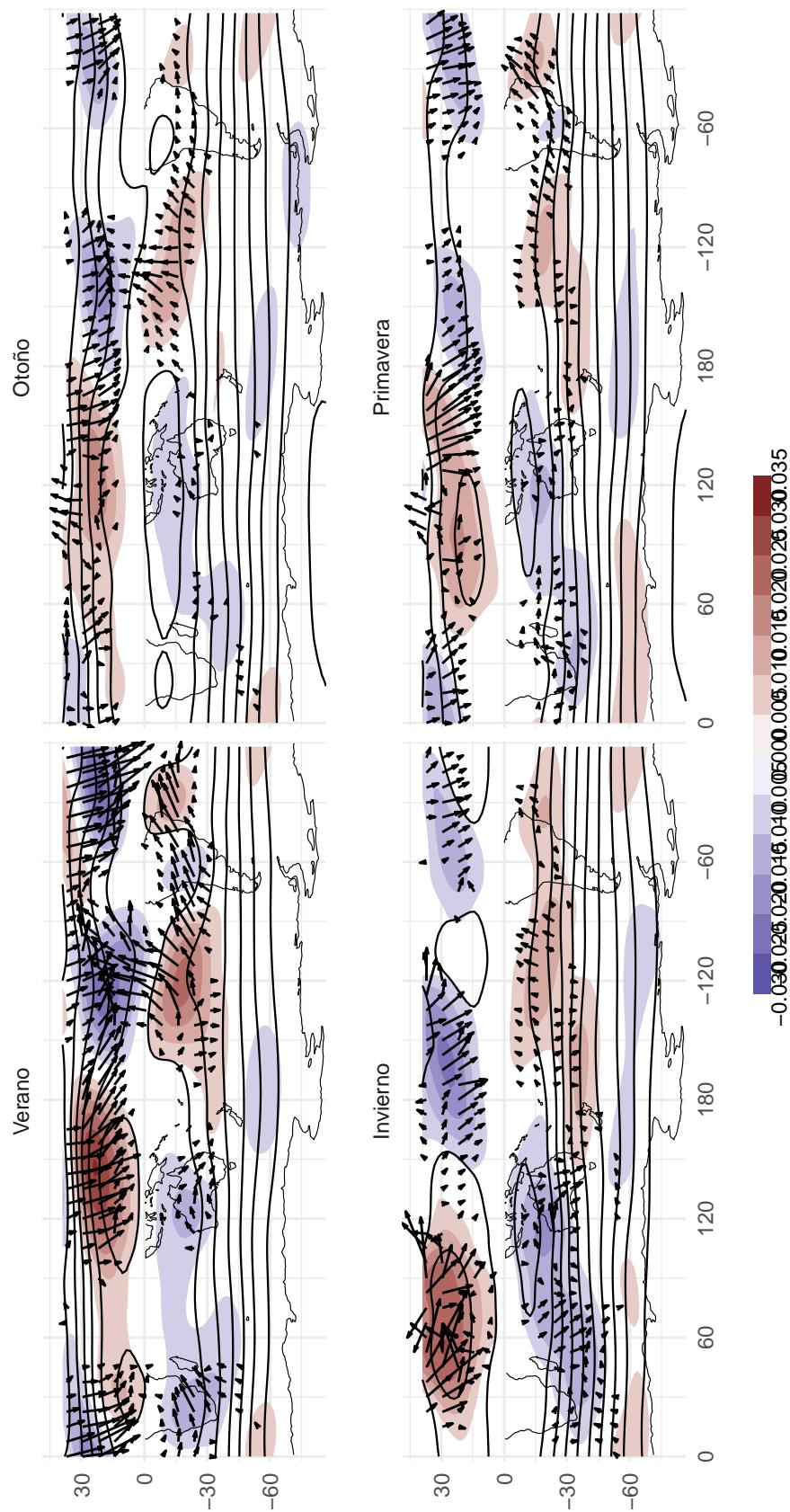
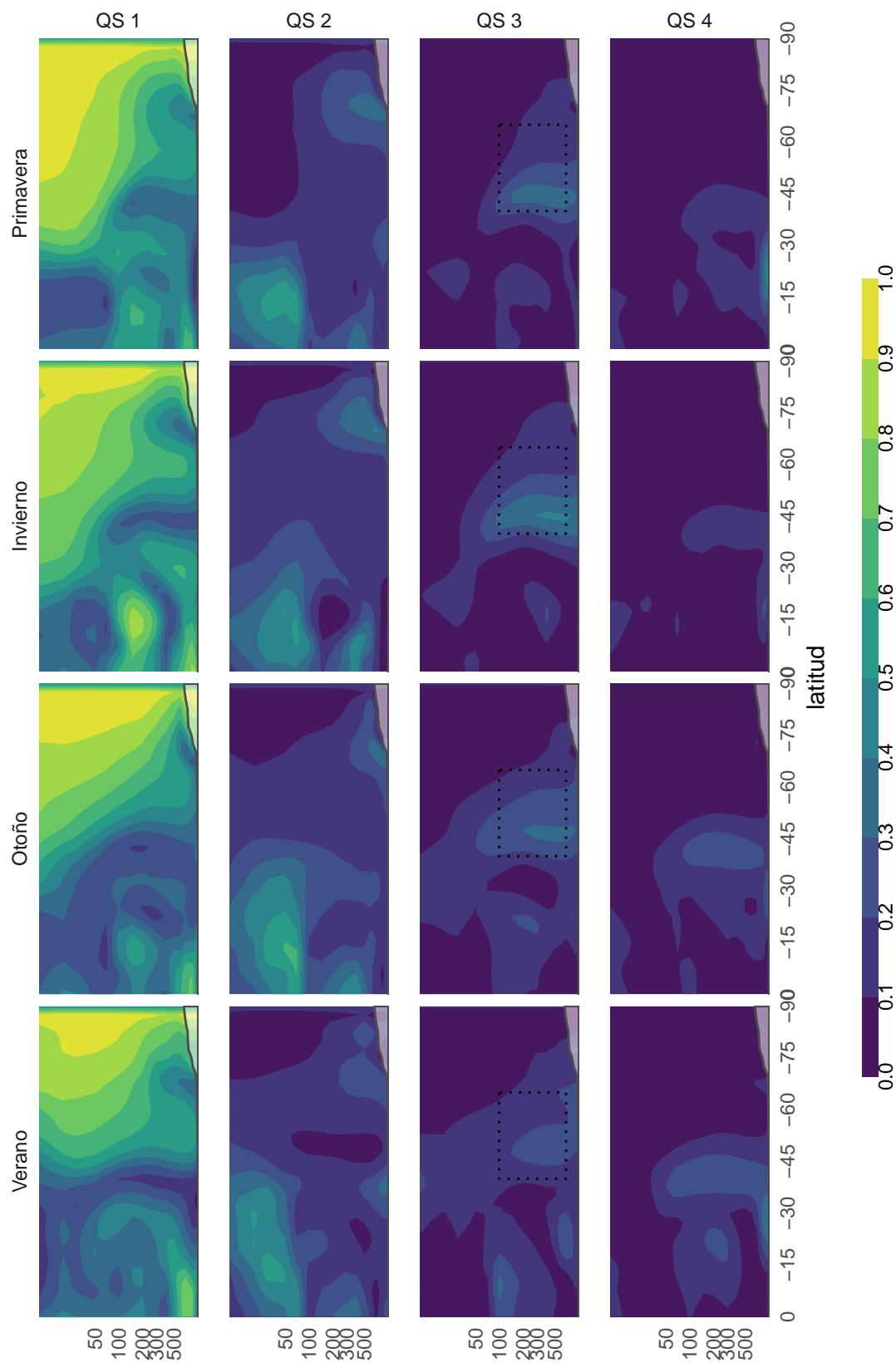


Figura 7.22: Función corriente x 1099fig:psi-ncep

Figura 7.23: R^2 de Fourier.fig:r2-ncep

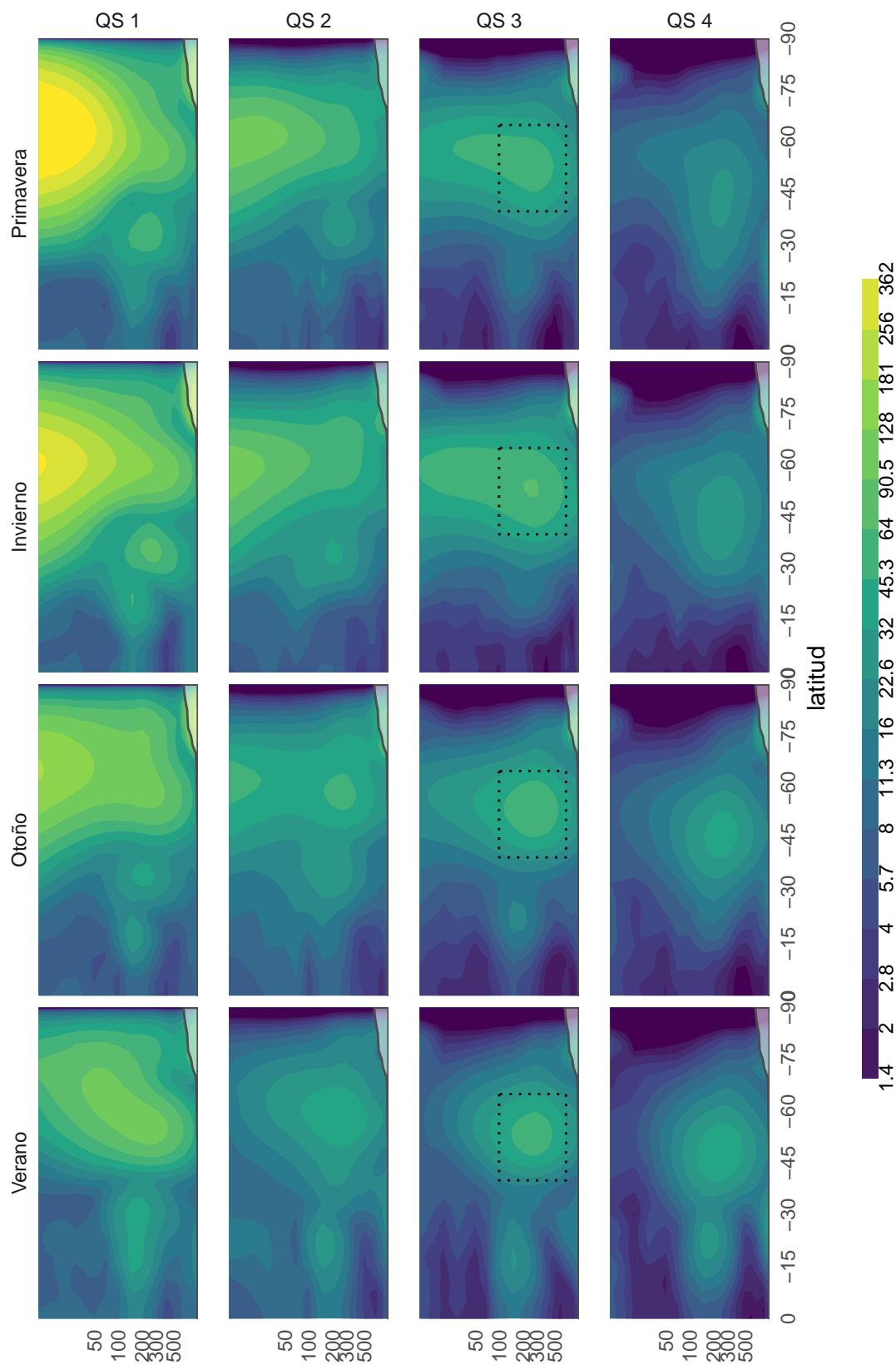


Figura 7.24: Amplitud de Fourier.fig:ampl-ncep

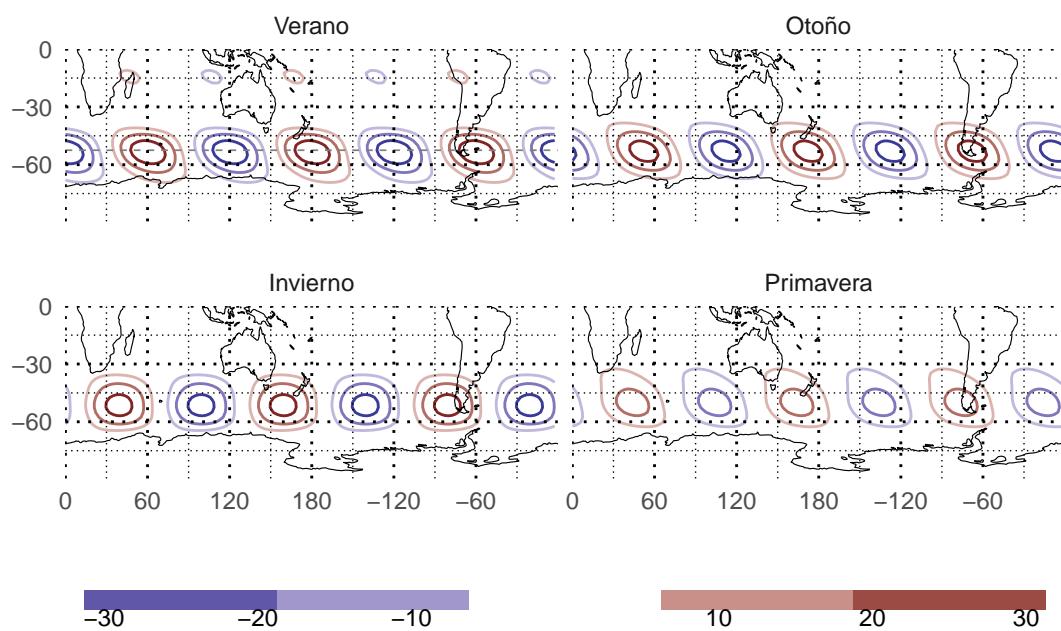


Figura 7.25: Media de reconstrucción de onda 3. - fig:qs3-ncep

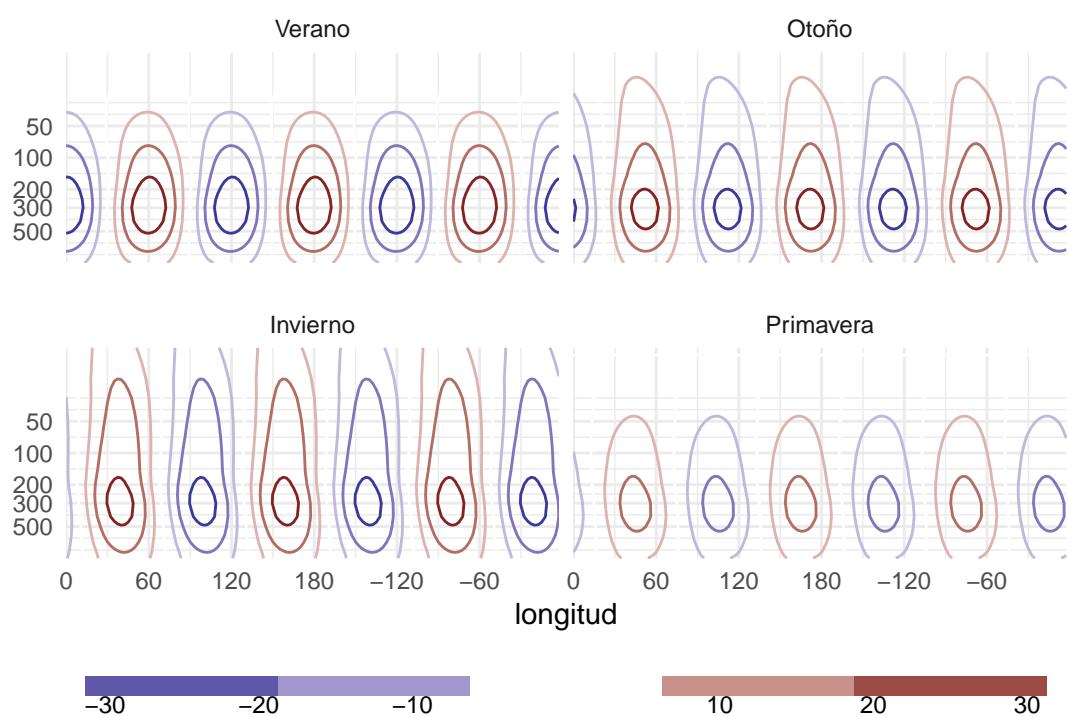


Figura 7.26: Cortefig:qs3-ncep-corte

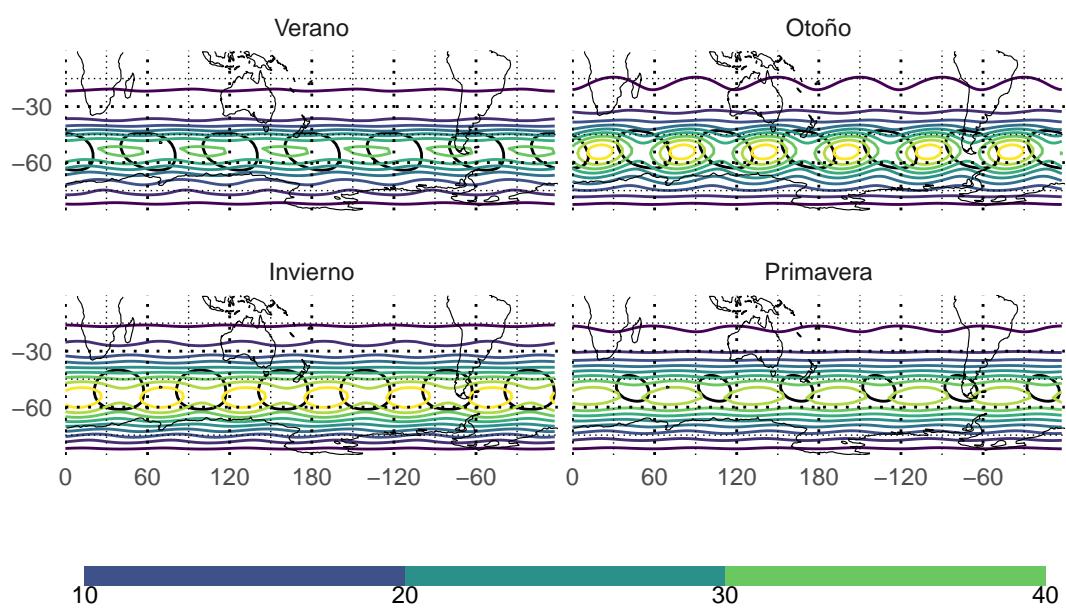


Figura 7.27: Desvío estándar de la reconstrucción de QS3. - fig:qs3sd-ncep

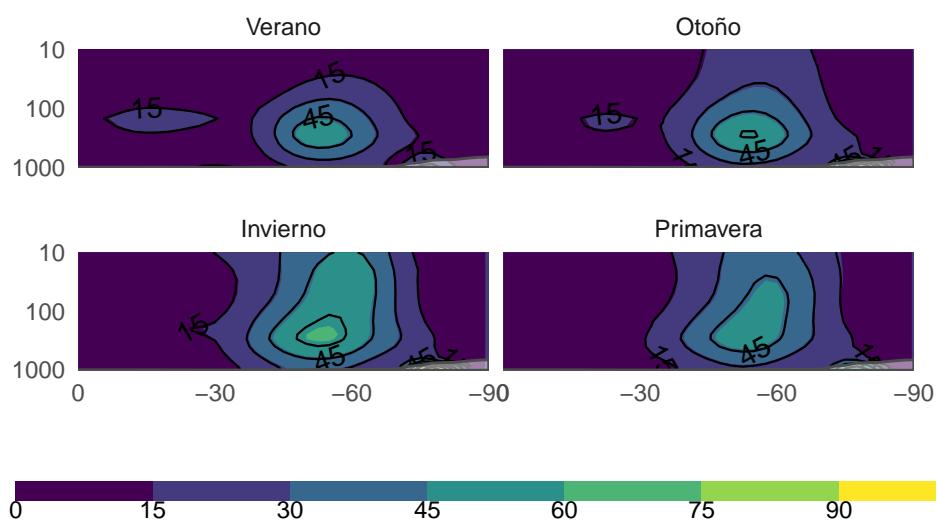


Figura 7.28: Amplitud de wavelets (sombreados) y de fourier (contornos) fig:wavelet-fourier-ncep

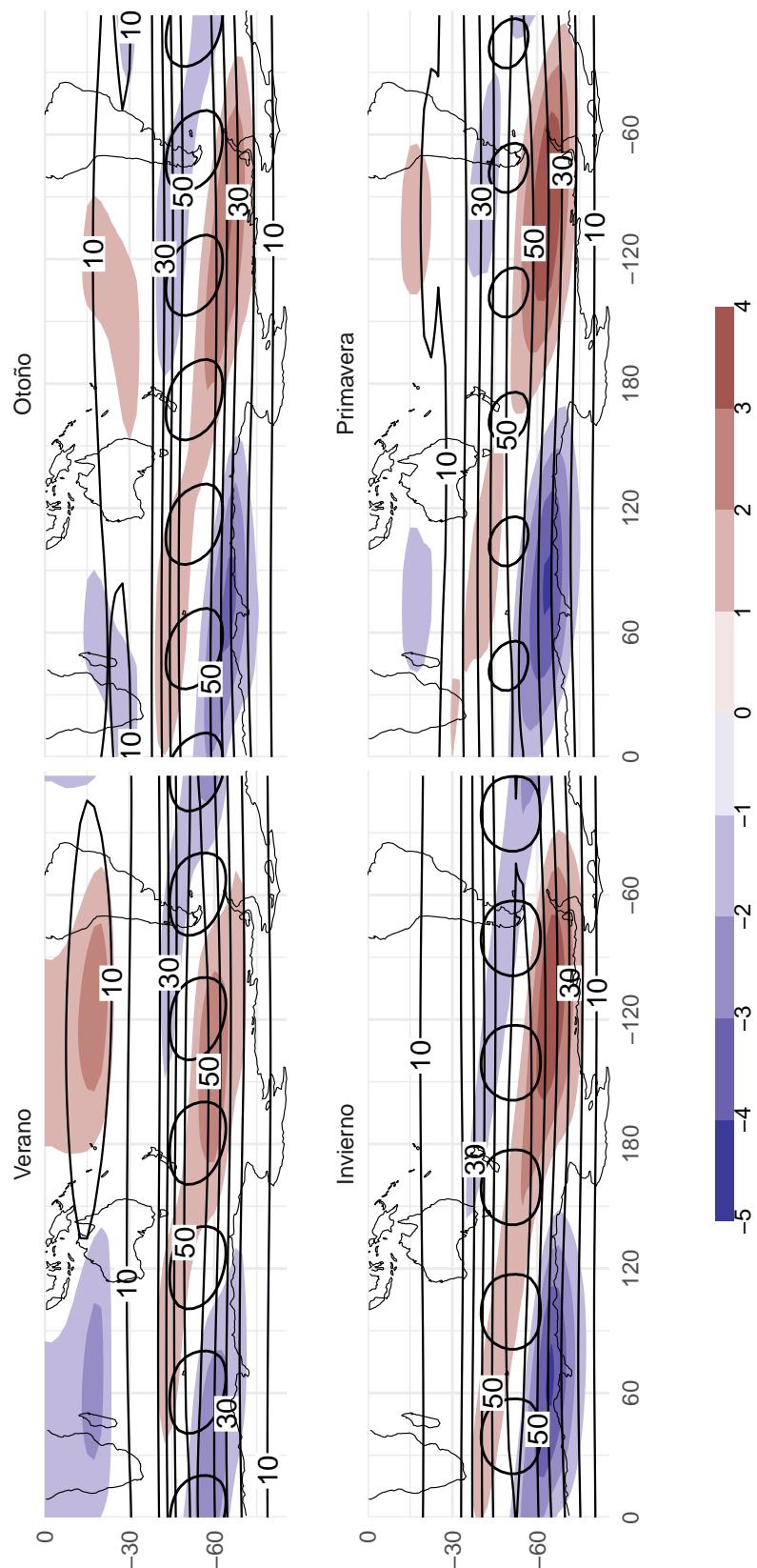


Figura 7.29: Campo medio de la amplitud de la onda 3 según wavelets (contornos) y su anomalía zonal (sombreado) en 300hPa.fig:waveletz-ncp

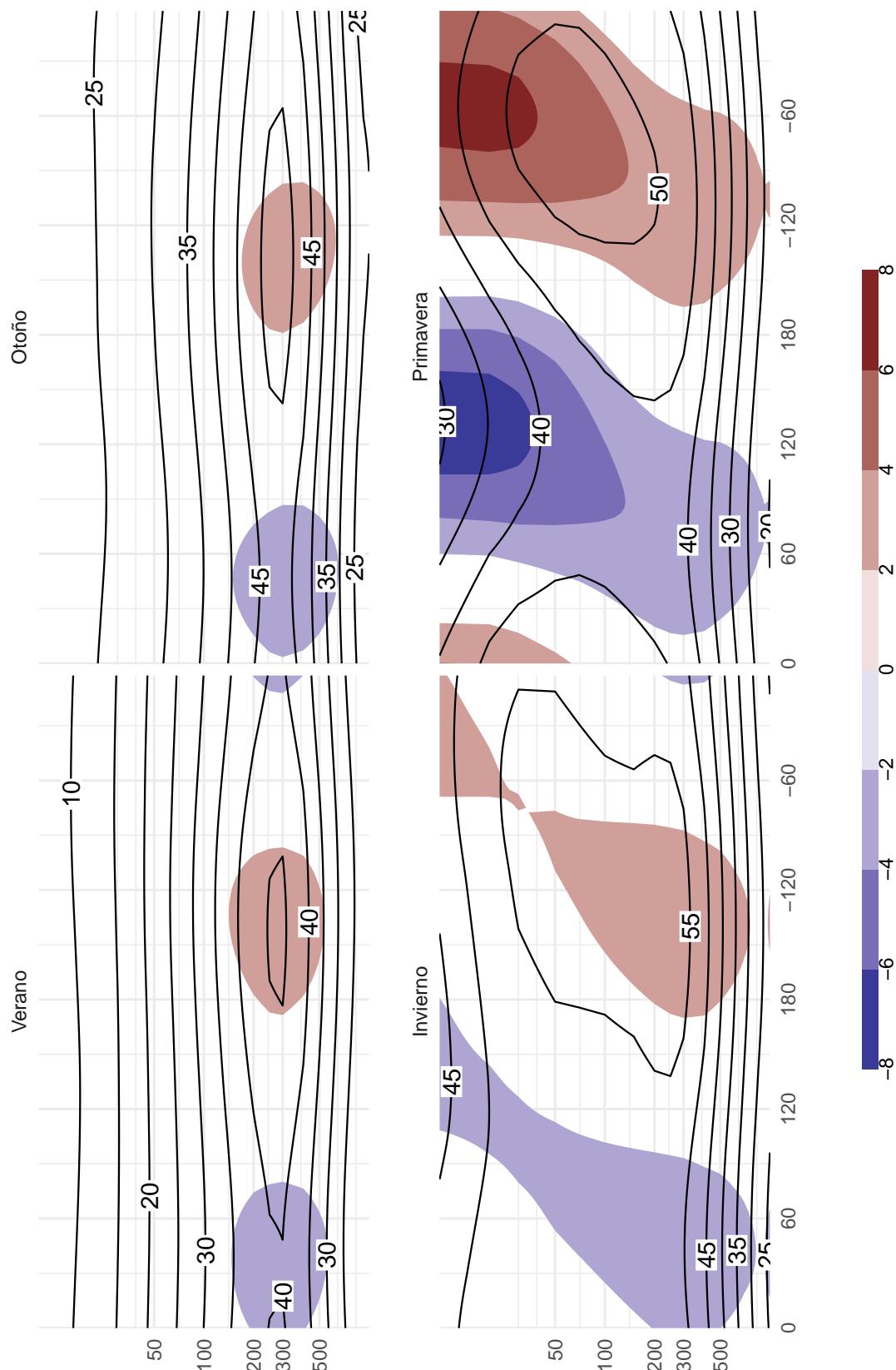


Figura 7.30: Corte zonal en -60° de la amplitud media de la onda 3 según wavelets (contornos) y su anomalía zonal (sombreado).fig:wavelet-ncep-corte

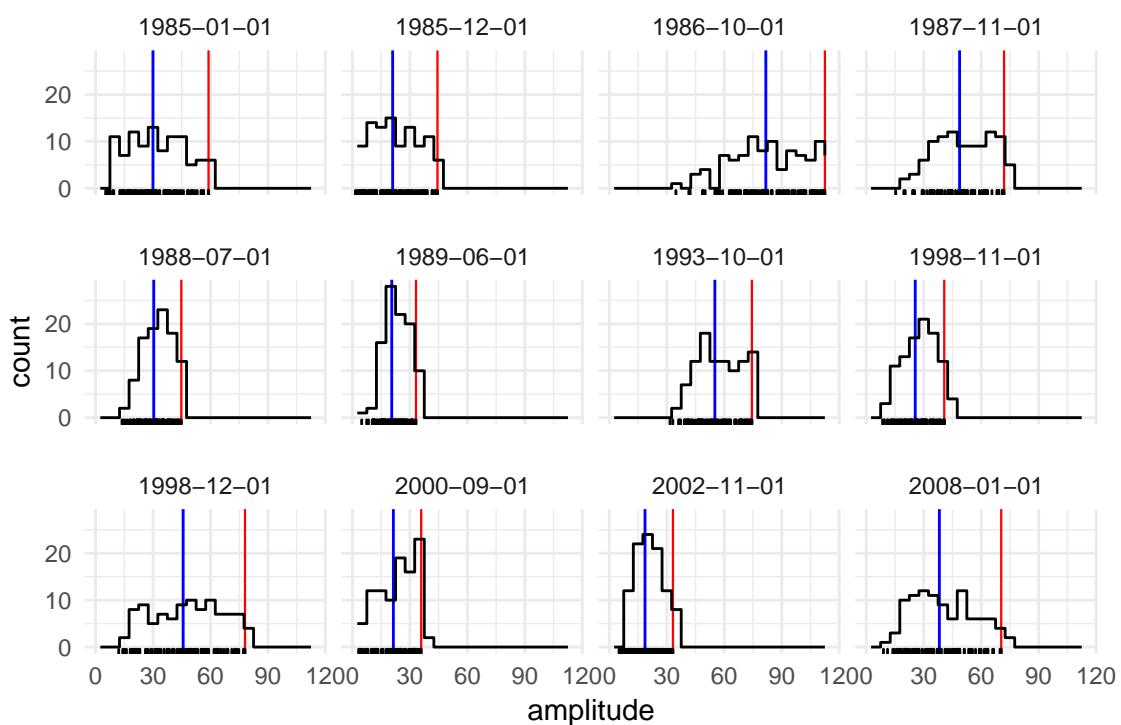


Figura 7.31: Distribució de amplitud para 12 fechas. En rojo la amplitud máxima, en azul la amplitud media.
fig:ampl-max-mean

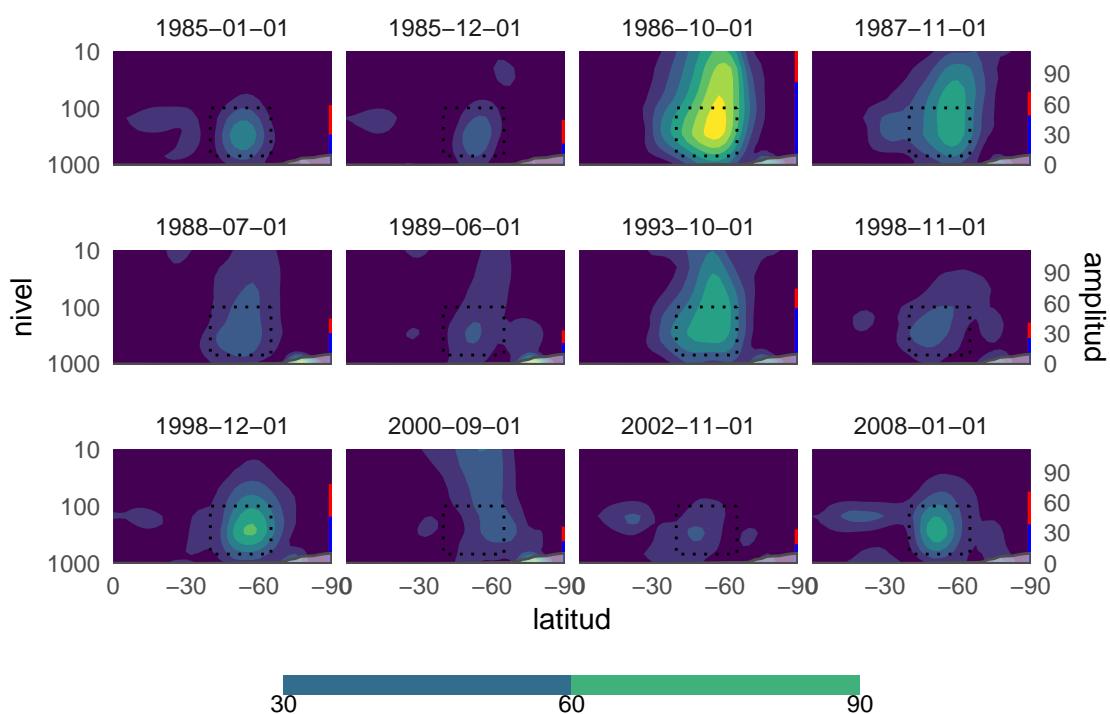


Figura 7.32: Corte vertical de amplitudfig:ampl-max-mean-corte

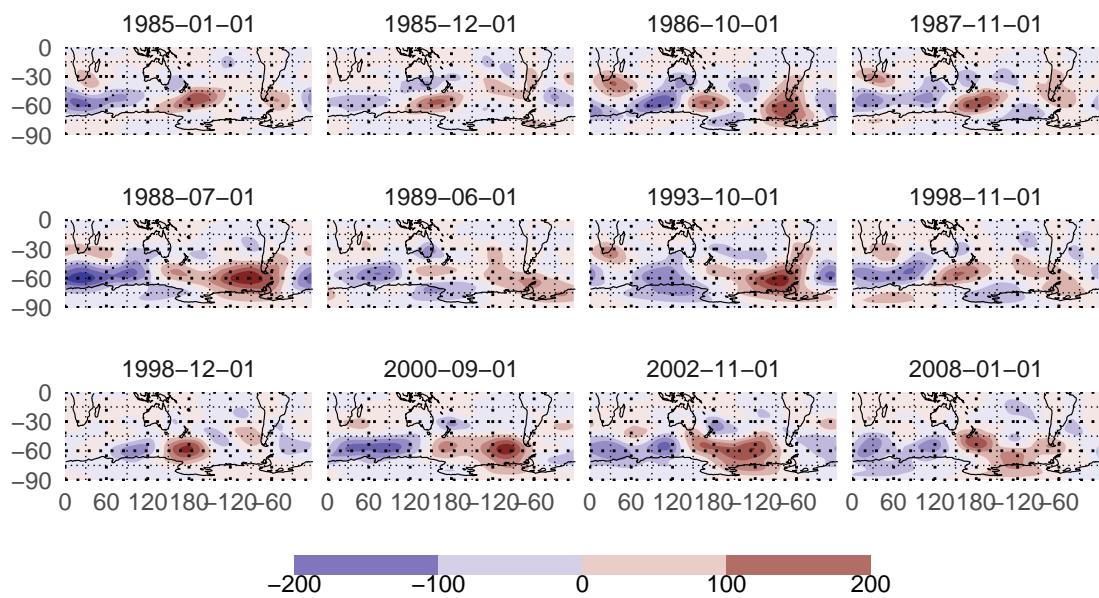


Figura 7.33: Anomalía zonal geopotencial en 300hPa para fechas seleccionadas. - fig:ghz-ncep-select

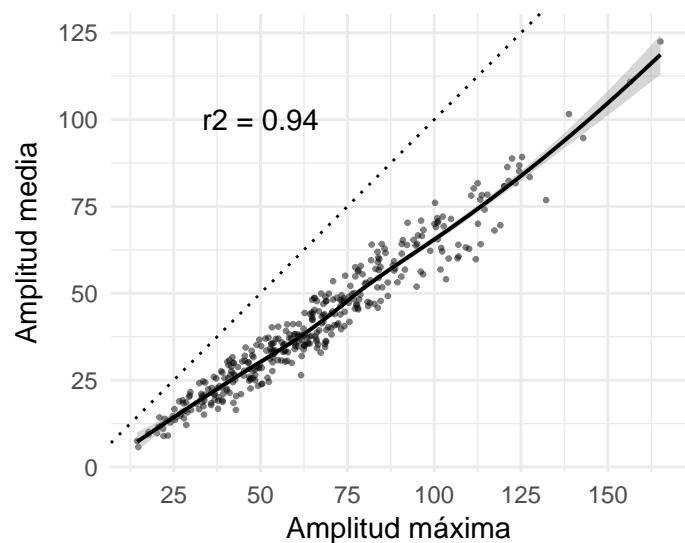


Figura 7.34: Correlación entre amplitud máxima y media.fig:cor-mean-max

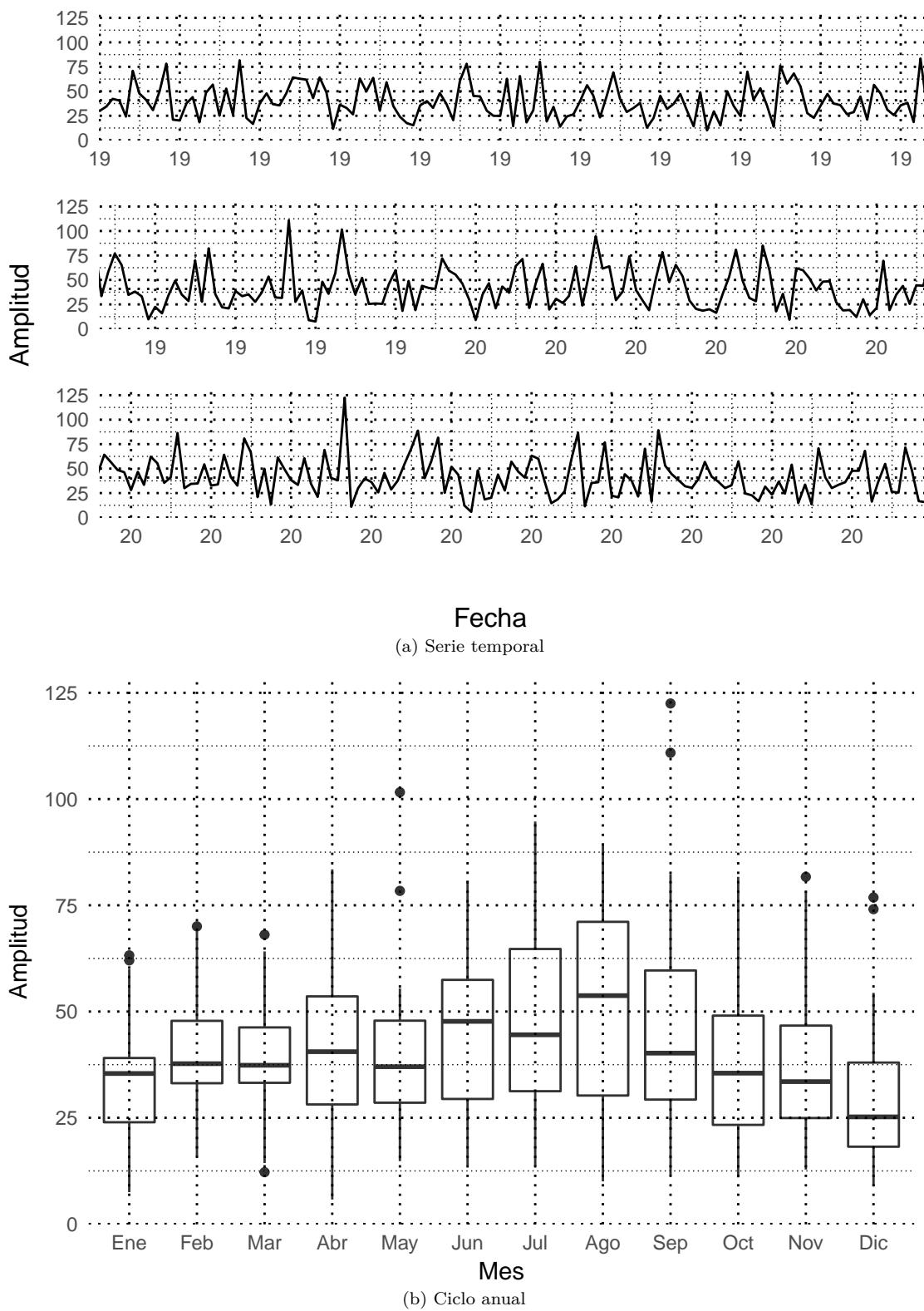


Figura 7.35: Amplitud media - fig:ampl-ts

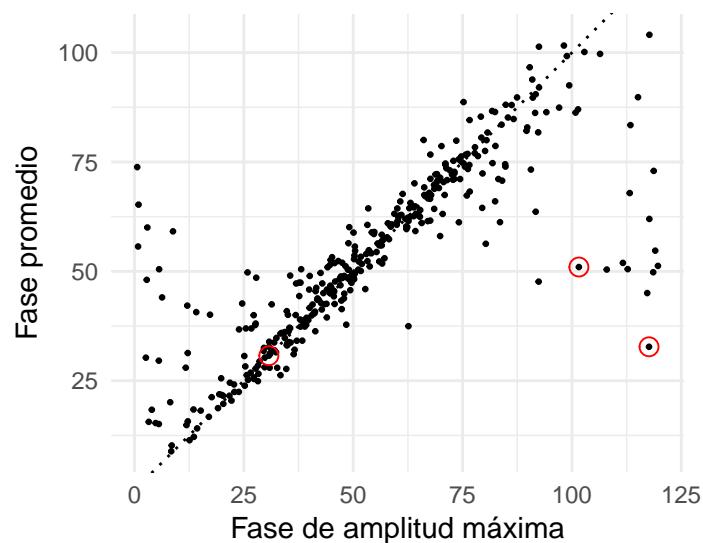


Figura 7.36: Fase promedio vs Fase del máximofig:lon-phase

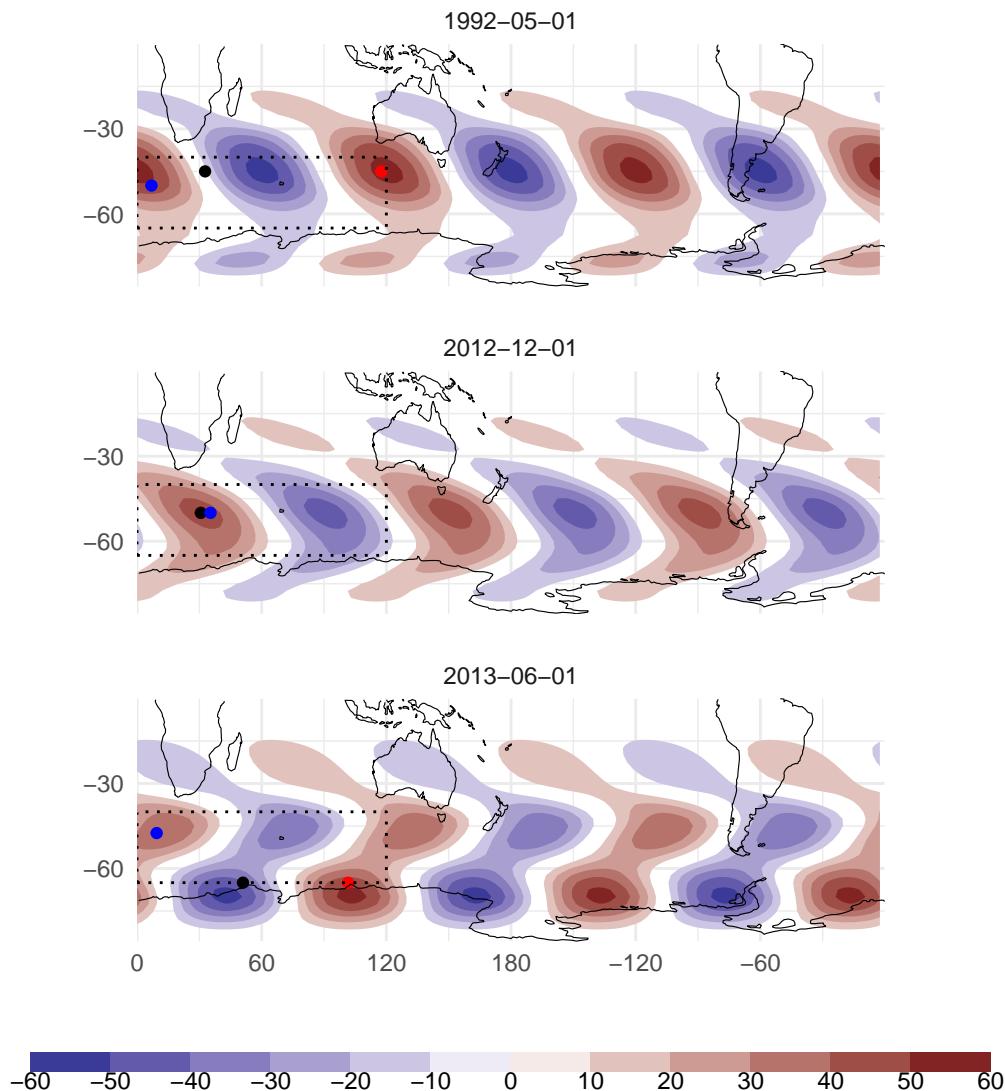


Figura 7.37: Campo de onda 3 reconstruido para junio de 2013. El punto rojo es la fase en la latitud de amplitud máxima; el punto negro, la fase promedio; el punto azul, la moda de la fase. El rectángulo la región donde puede encontrarse la fase. Los límites meridionales definidos por la región donde se calcula el índice y los zonales por $360/3$. fig:fase-mal

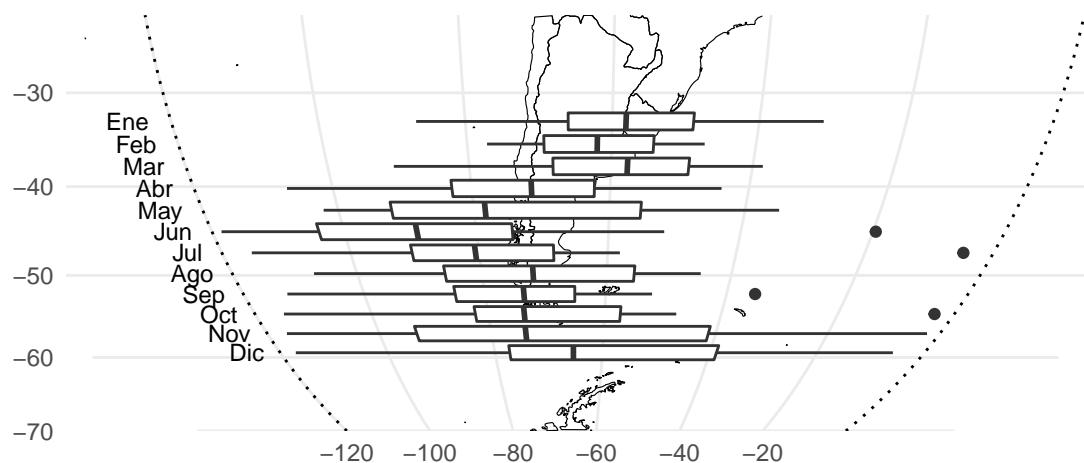


Figura 7.38: Ciclo anual de la fase (20 mayores amplitudes para cada mes) fig:fase-boxplot

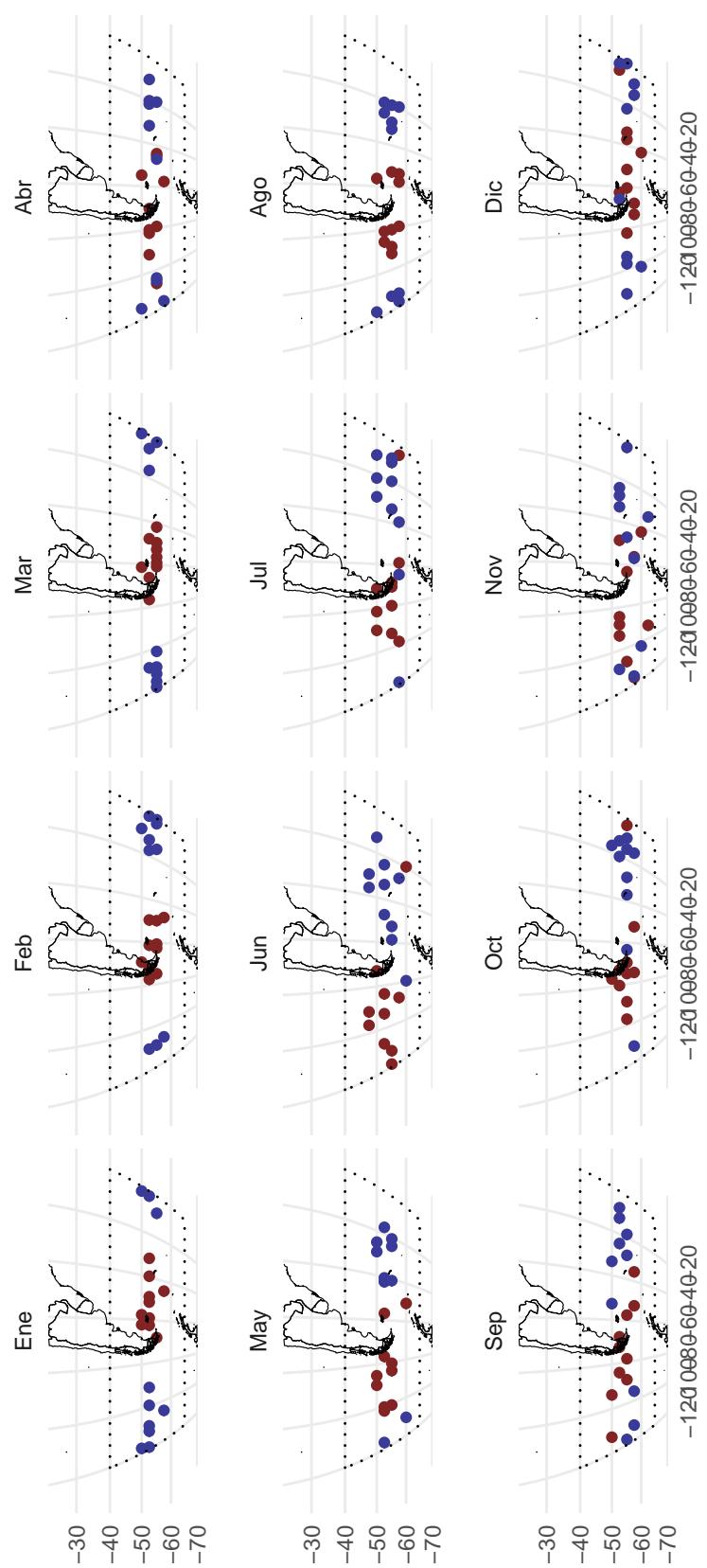


Figura 7.39: Centros de máxima (puntos rojos) y mínima (puntos azules) para los 10 años con mayor amplitud de la onda 3, para cada mes.fig:centros-10max

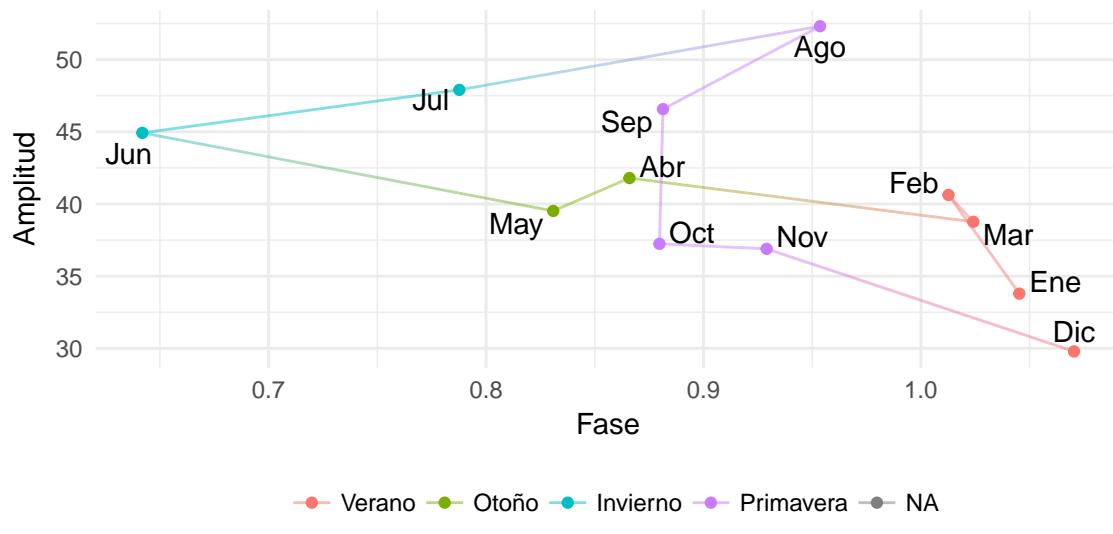


Figura 7.40: Amplitud y fase media para cada mes.fig:ampl-vs-fase

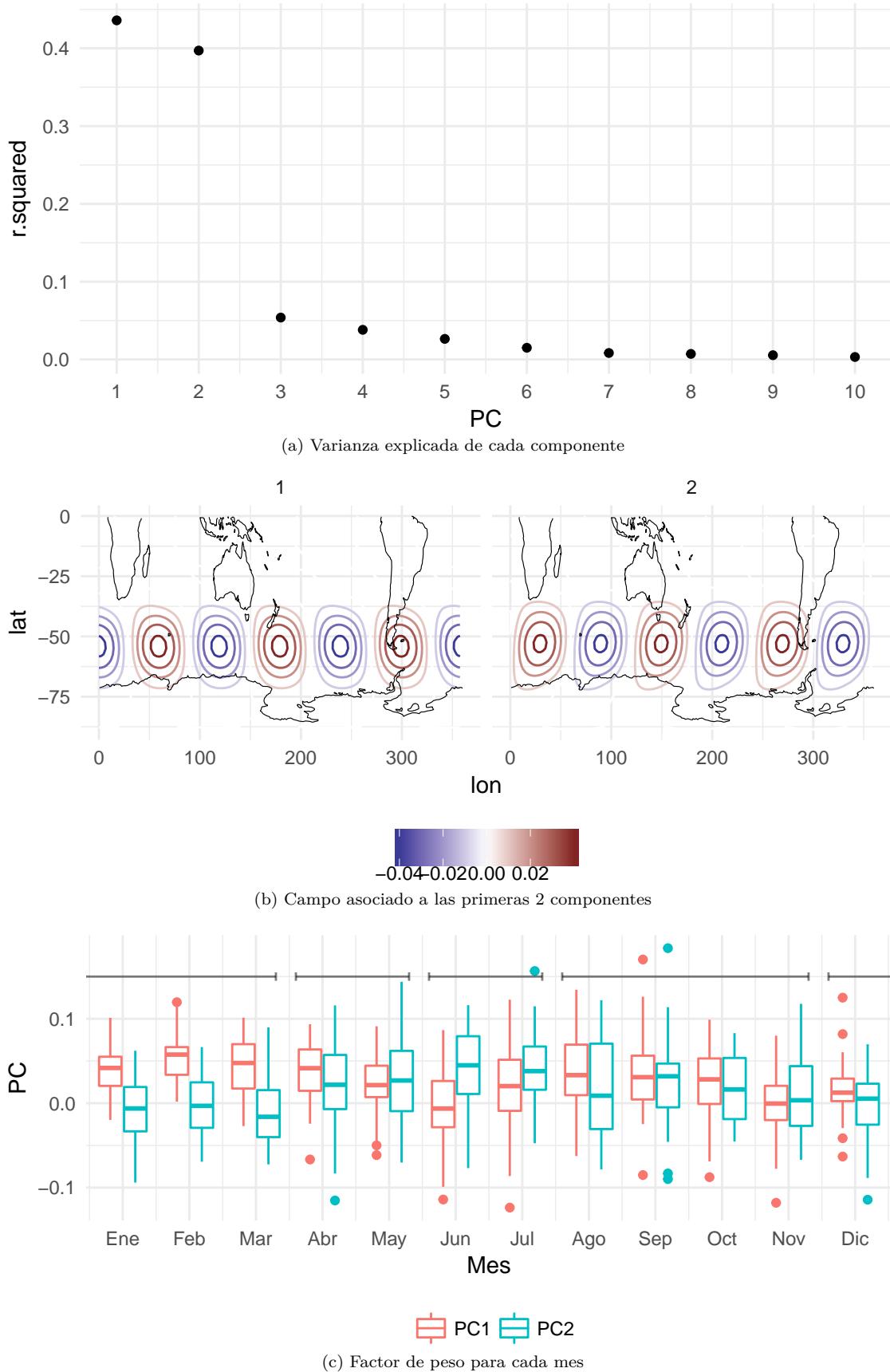


Figura 7.41: Análisis SVD de QS3. probablemente basurafig:eof

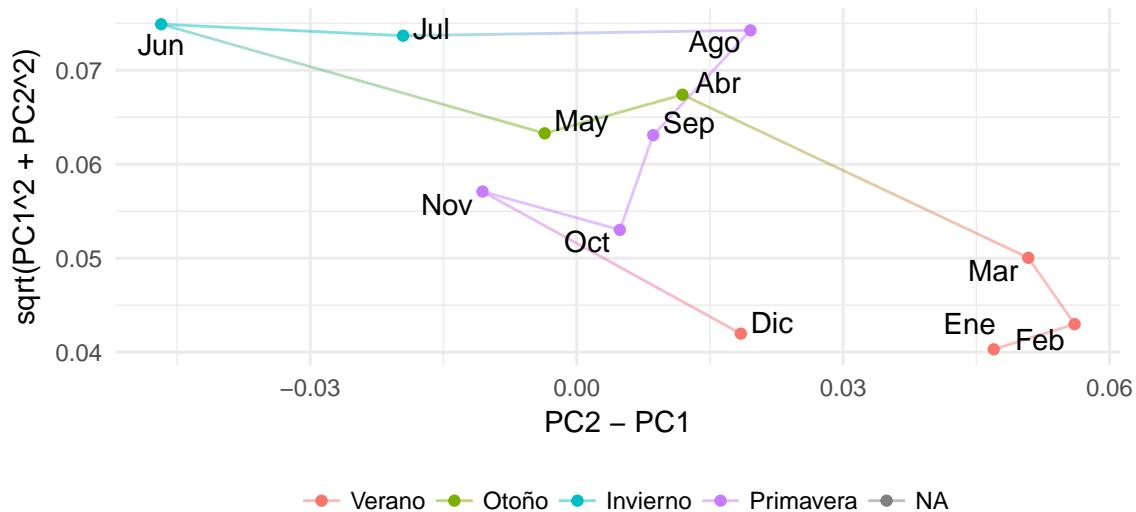


Figura 7.42: 'Magnitud' y 'Fase' de cada mes a partir de las componentes principales fig:eof1-eof2

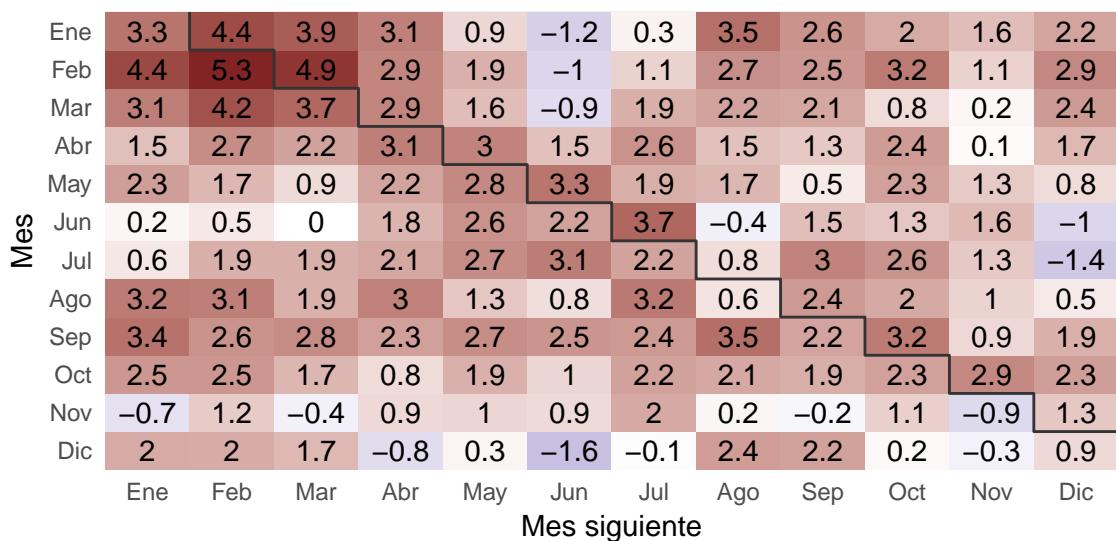


Figura 7.43: Correlación lageada para cada mes con los 12 siguientes.fig:lag-cor

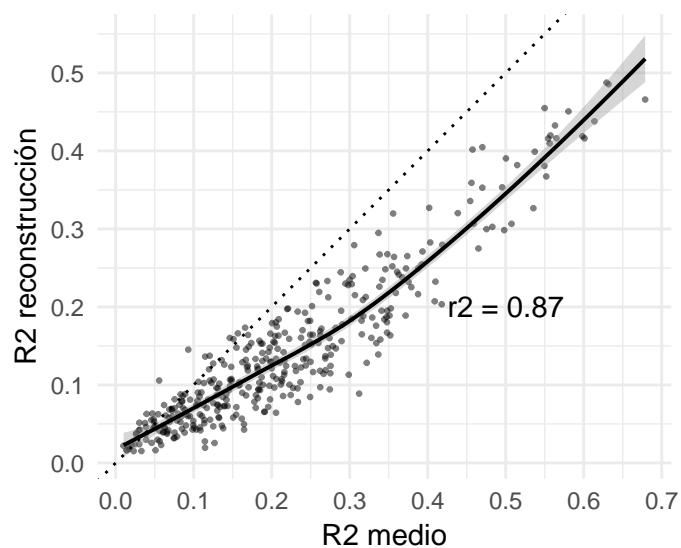


Figura 7.44: Relación entre R^2 medio y R^2 reconstruido.fig:r2-cor2

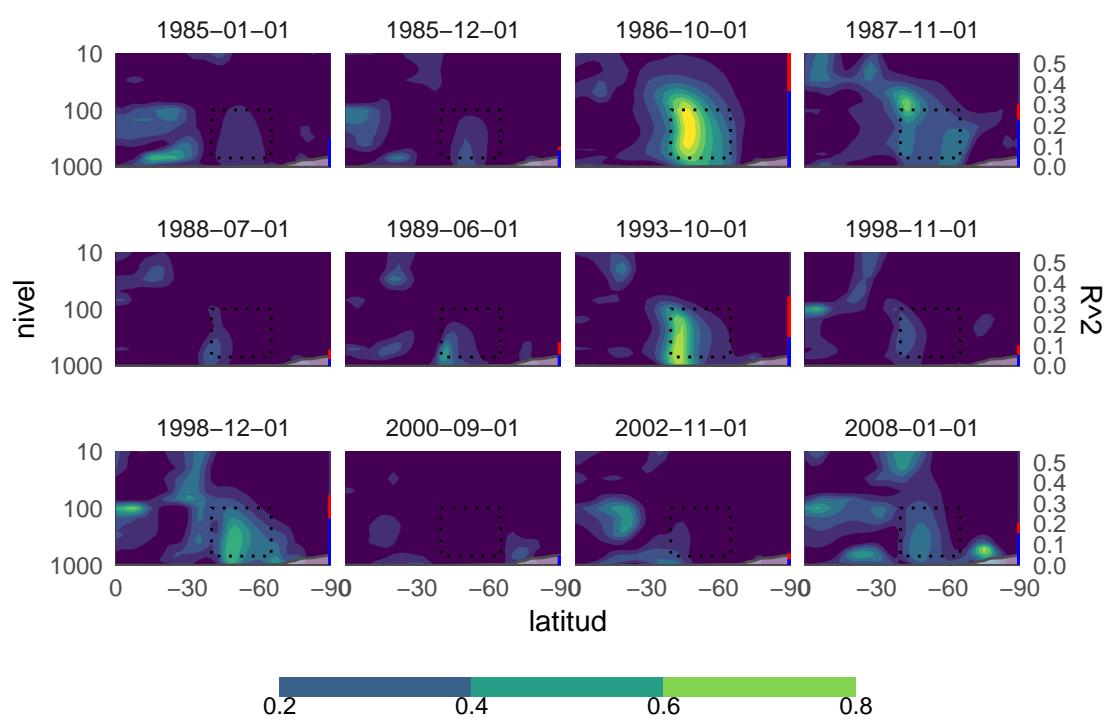


Figura 7.45: R2 mediofig:r2-corte

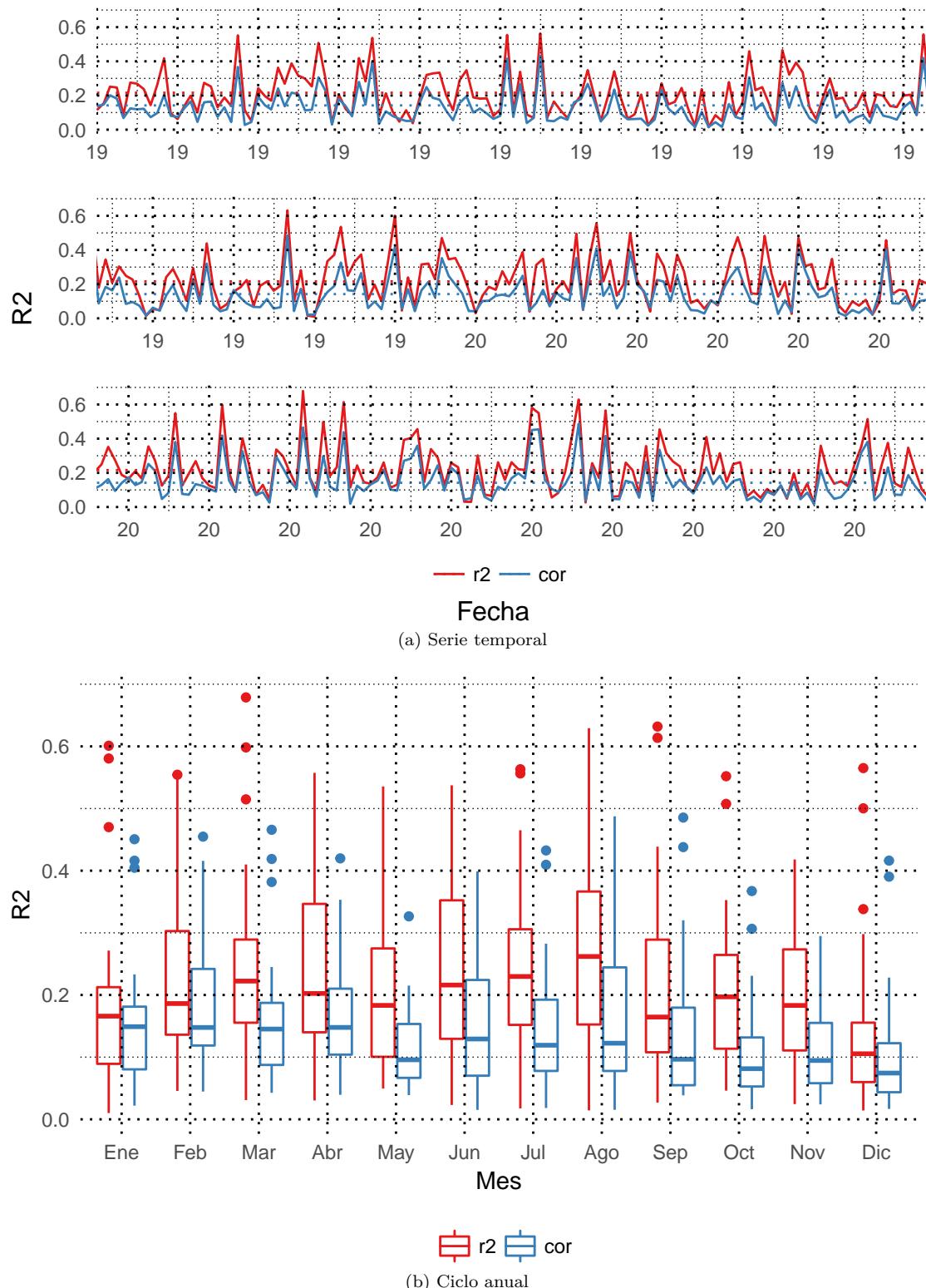


Figura 7.46: R2 medio - fig:r2-ts

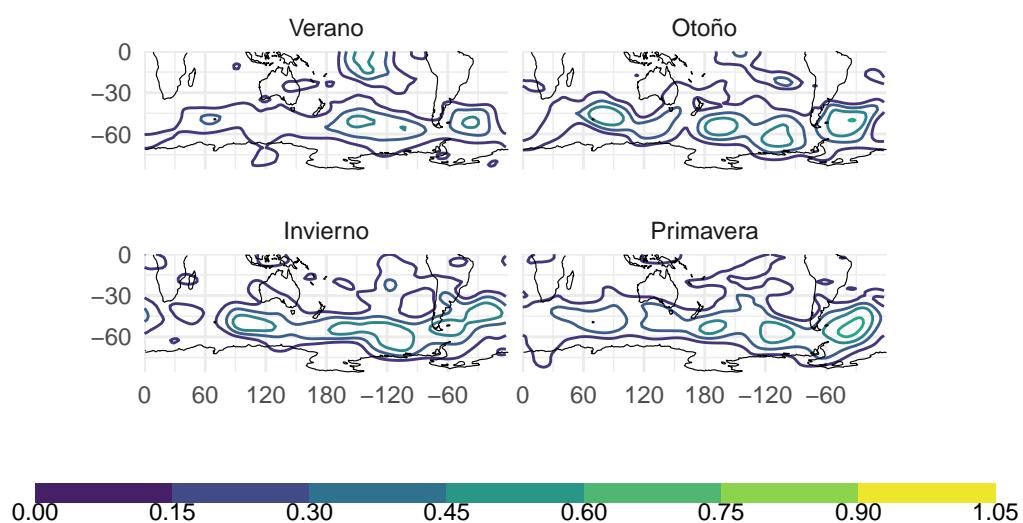


Figura 7.47: Correlación cuadrada media para estaciones según onda3.fig:cor-campo

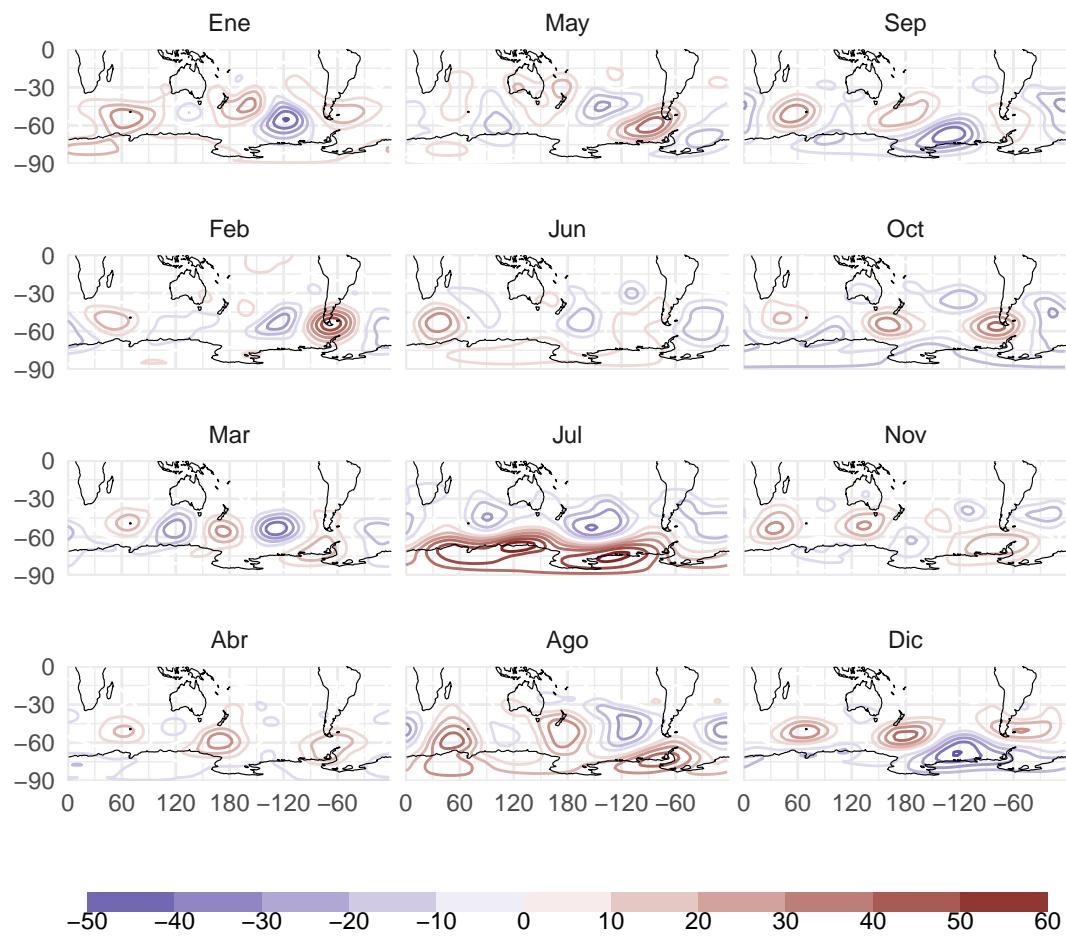


Figura 7.48: Regresión sobre amplitud.fig:regr-gh-ncep

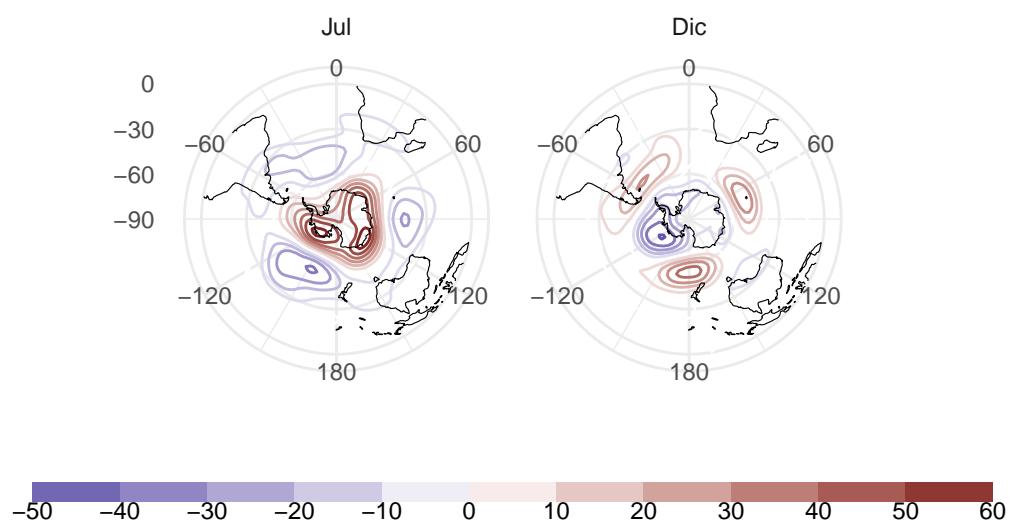


Figura 7.49: Igual que figura XX, pero en proyección polar para julio y septiembre. fig:regr-gh-polar

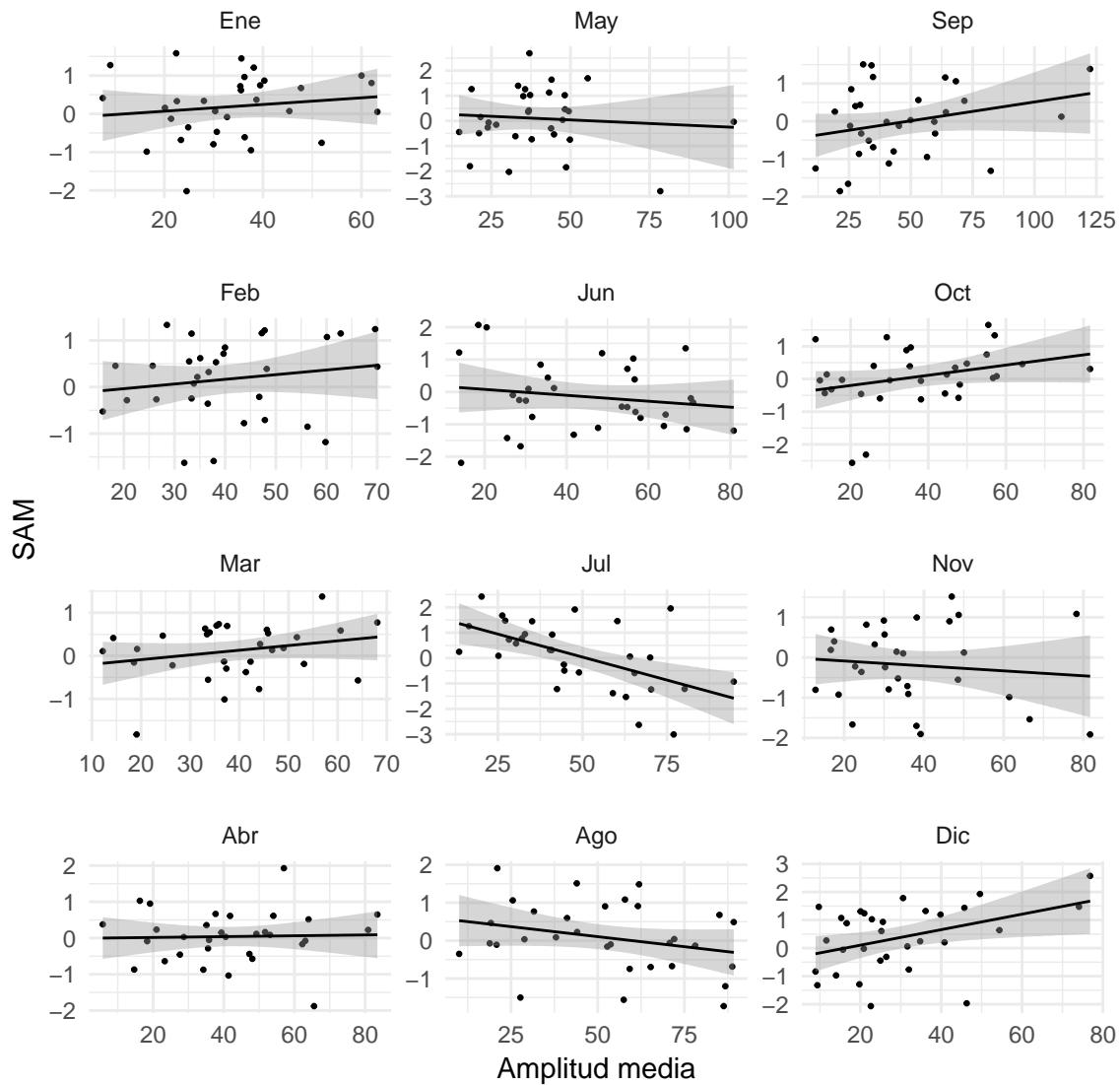


Figura 7.50: Relación entre amplitud media de la onda 3 y el SAM
fig:sam-ampl

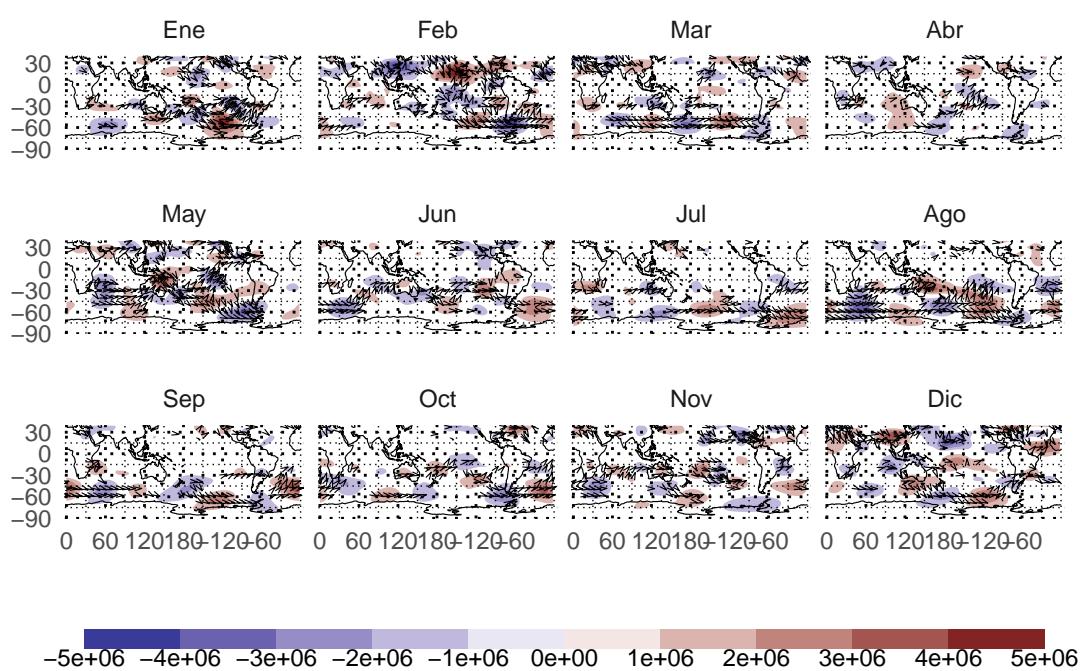


Figura 7.51: Regresión de Psi con la amplitud. - fig:regr-psi-ncep

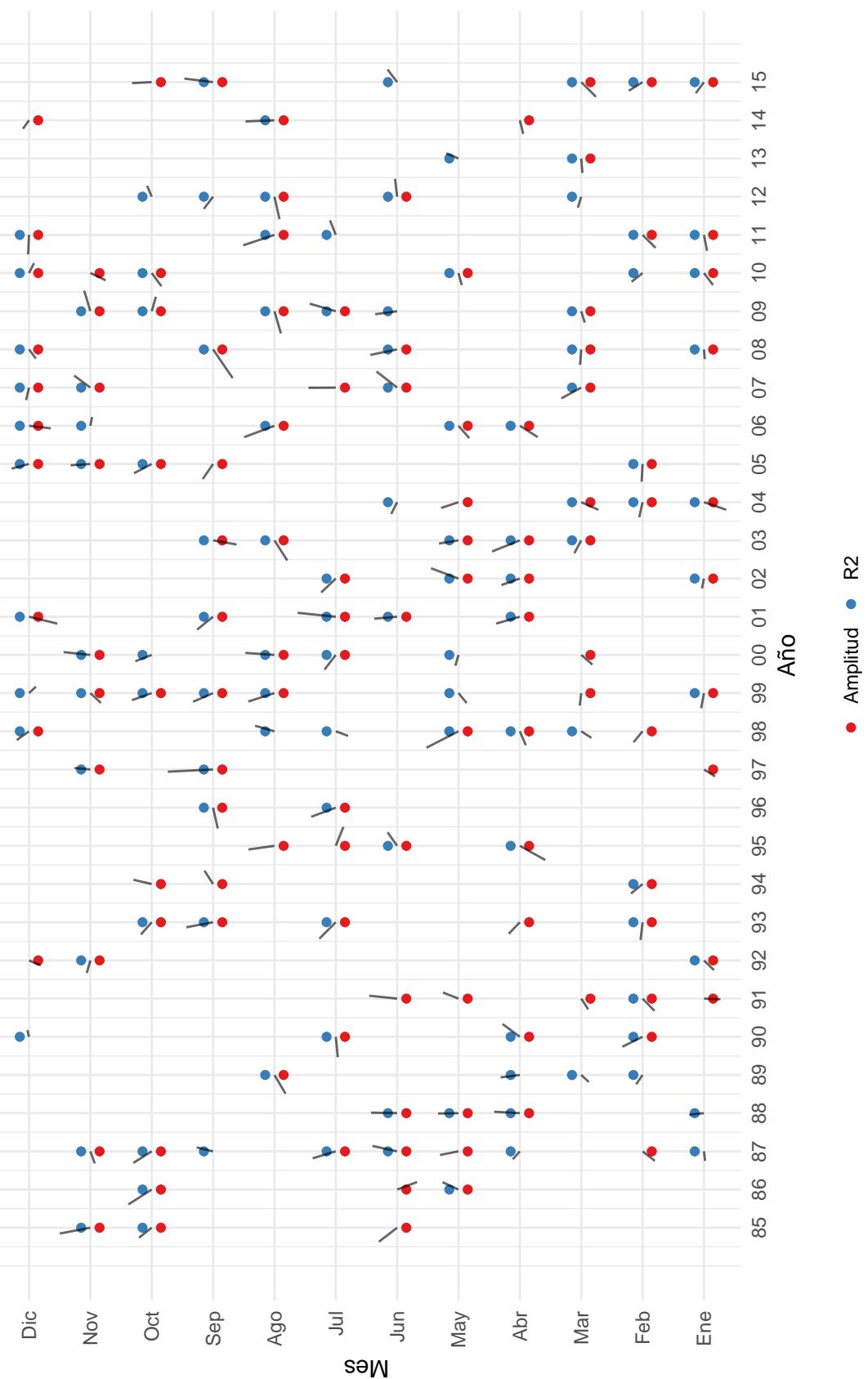


Figura 7.52: Tabla de selecciónfig:seleccion-tabla

	Ene		Feb		Mar		Abr	
Sí	2	8	2	8	3	7	2	8
No	19	2	19	2	18	3	19	2
R^2								
Sí	3	7	3	7	2	8	1	9
No	18	3	18	3	19	2	20	1
	May		Jun		Jul		Ago	
Sí	2	8	2	8	1	9	2	8
No	19	2	19	2	20	1	19	2
	Sep		Oct		Nov		Dic	
Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí
No	19	2	19	2	20	1	19	2
Amplitud								

Figura 7.53: Tabla de interacciónfig:interaccion-tabla

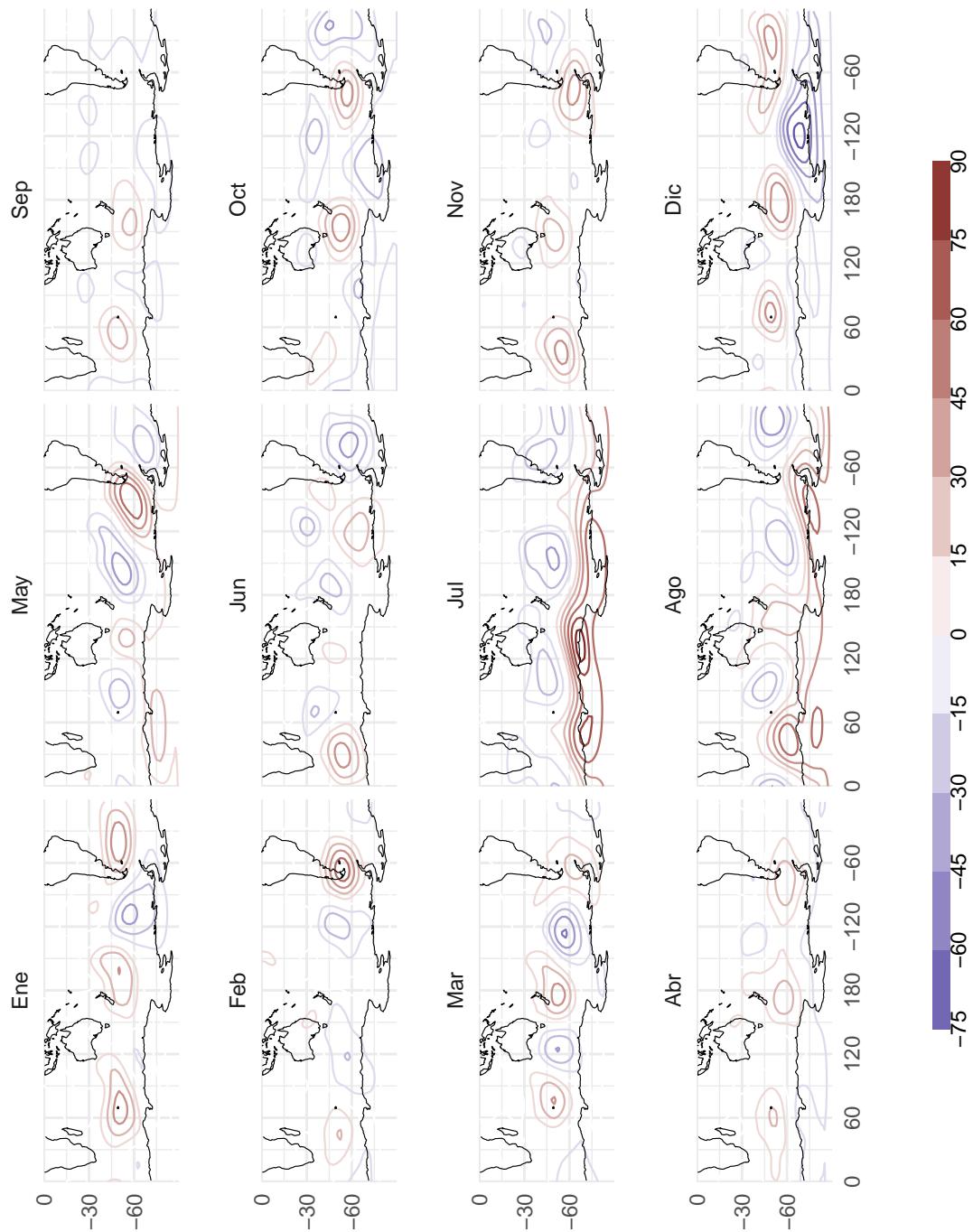


Figura 7.54: Composición de camposfig:gh-comp

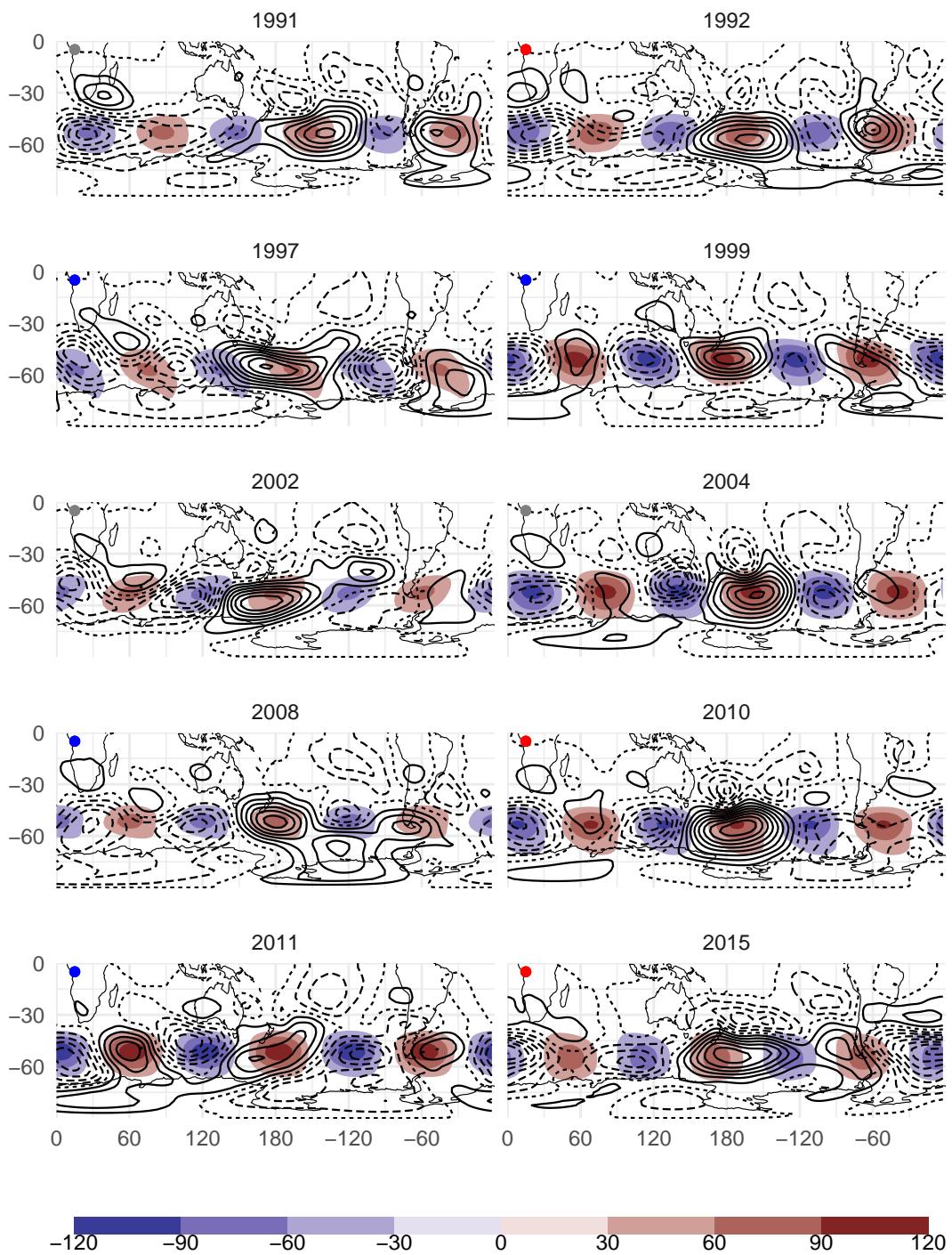


Figura 7.55: Campos para los 10 eneros seleccionados.fig:gh-qs3-select-ene

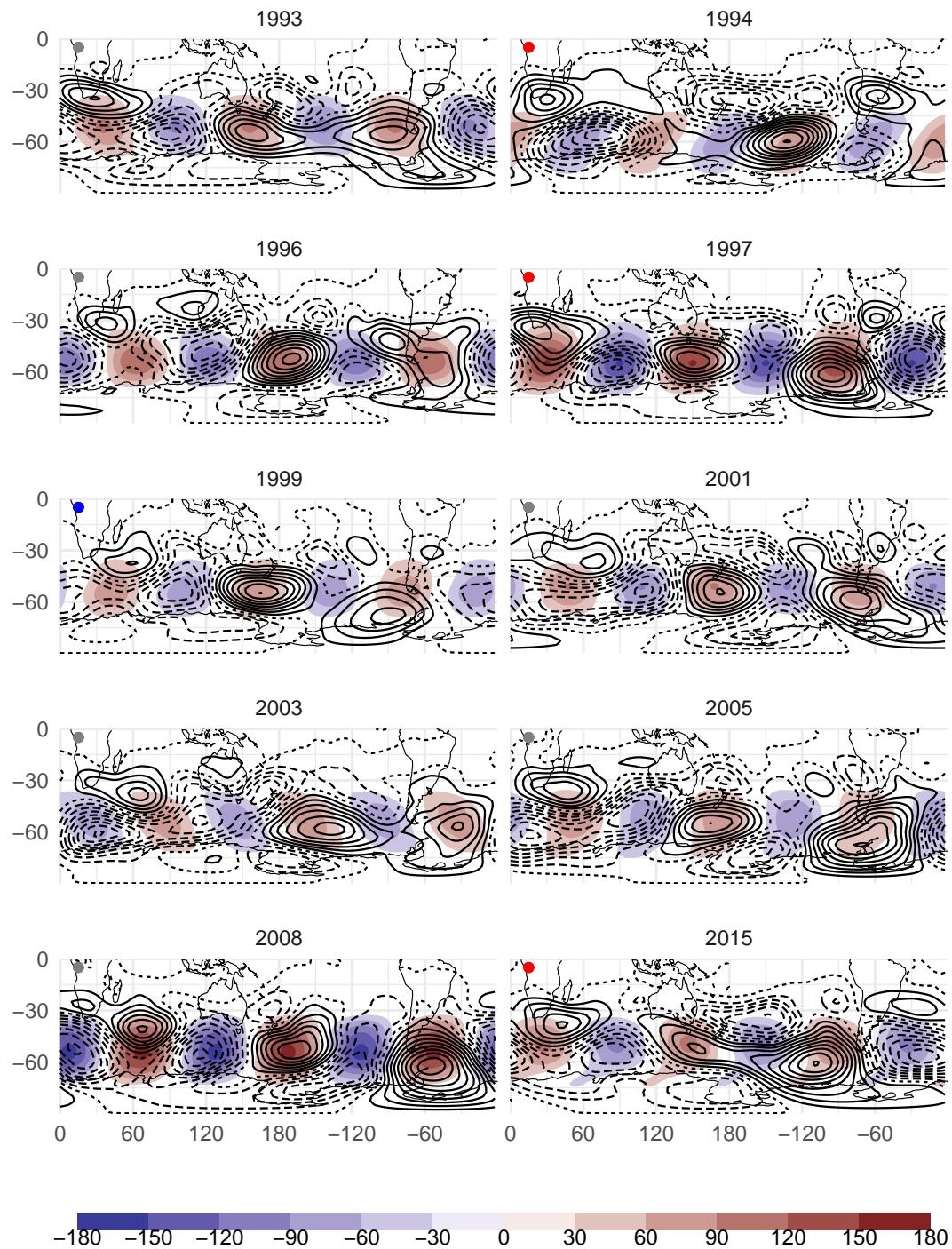


Figura 7.56: Campos para los 10 septiembre seleccionados.fig:gh-qs3-select-sep

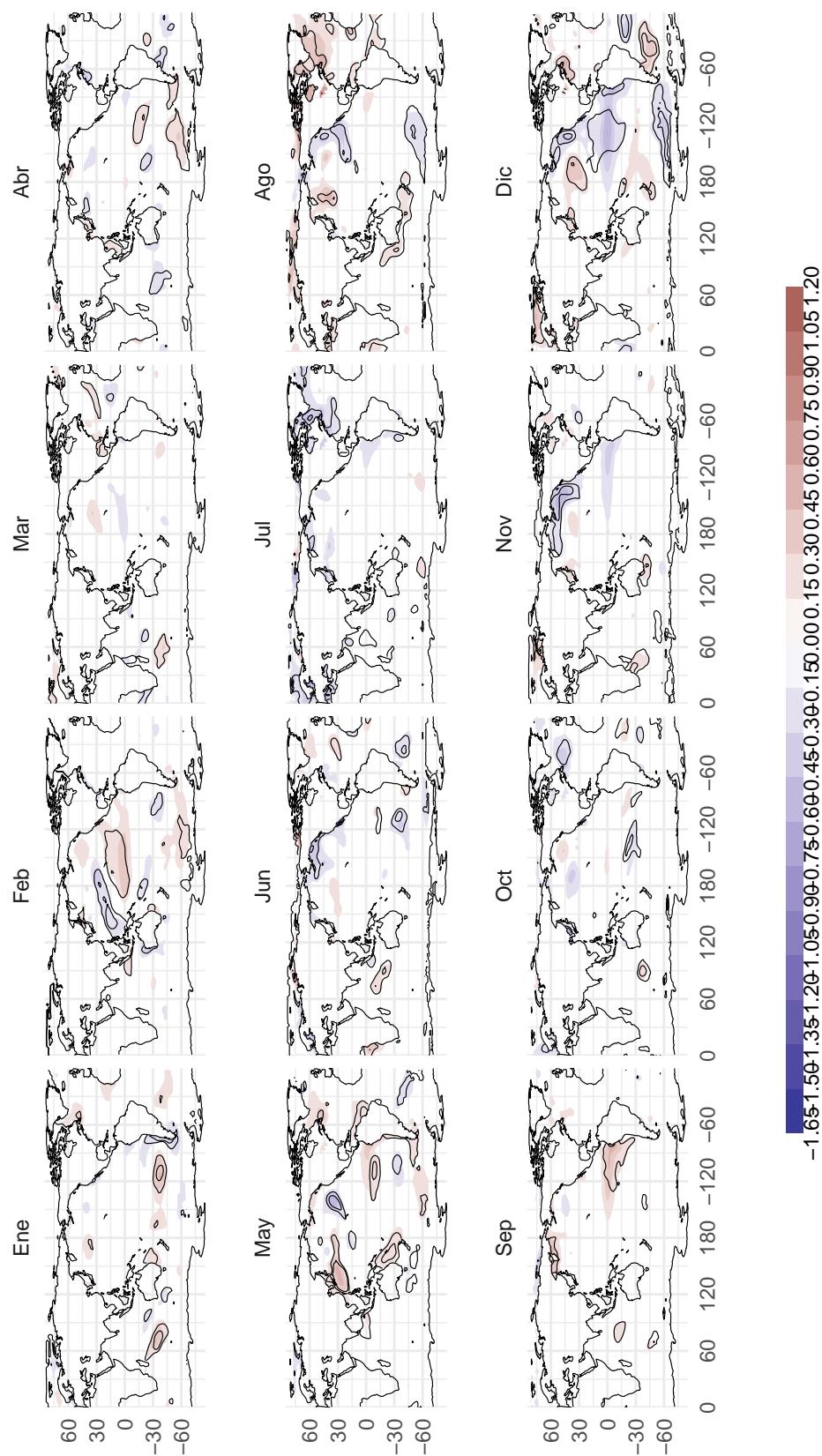


Figura 7.57: Regresión de SST con la amplitud de la onda 3fig:regr-sst-ncep

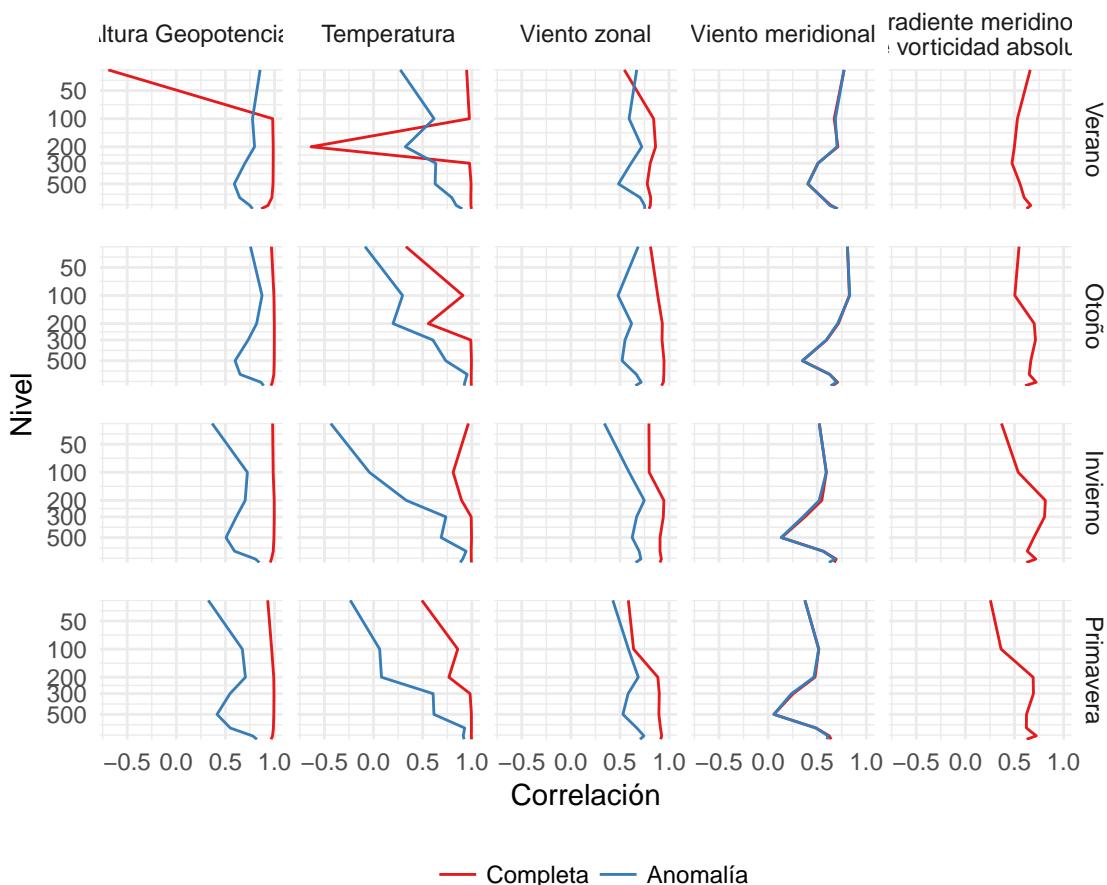


Figura 7.58: Correlación lineal entre campos de SPEEDY y NCEP.fig:cor-sp-nc

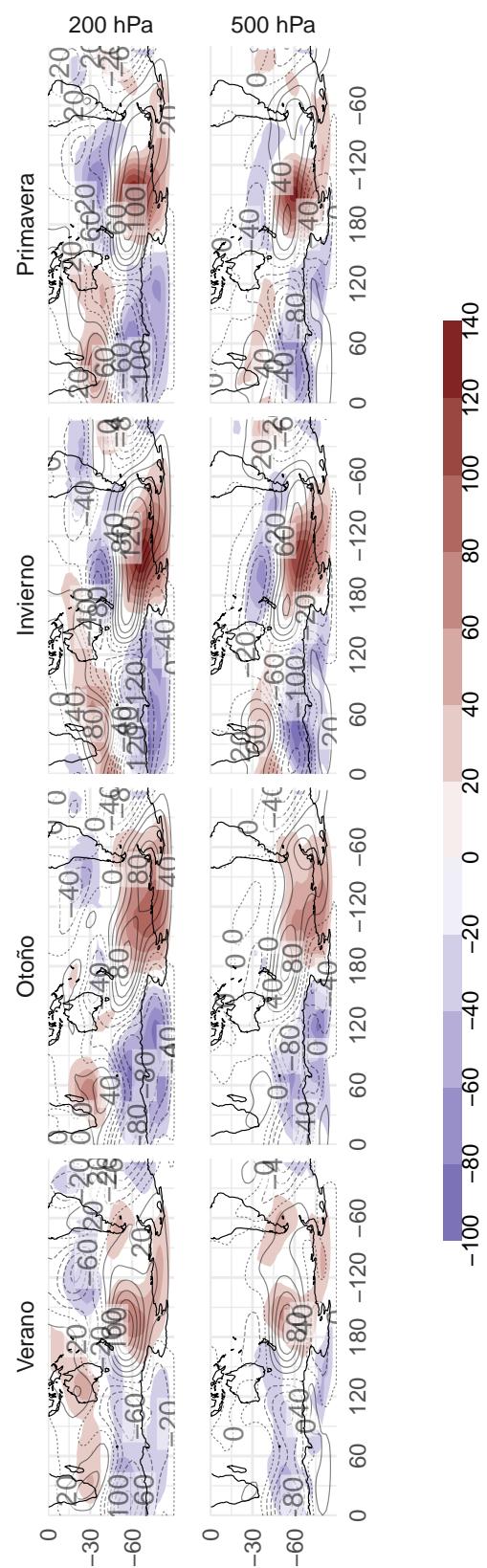


Figura 7.59: Anomalía zonal de altura geopotencial (speedy sombreado, ncep contornos)fig:ghz-sp-nc

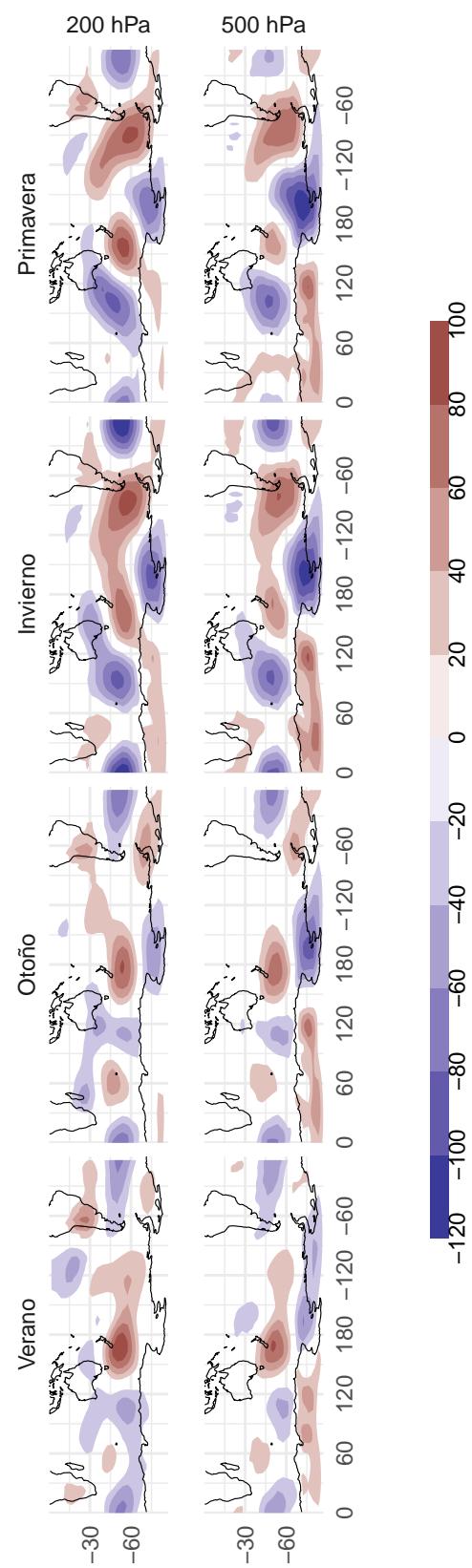


Figura 7.60: Diferencia entre speedy y ncepfig:ghz-dif-sp-nc

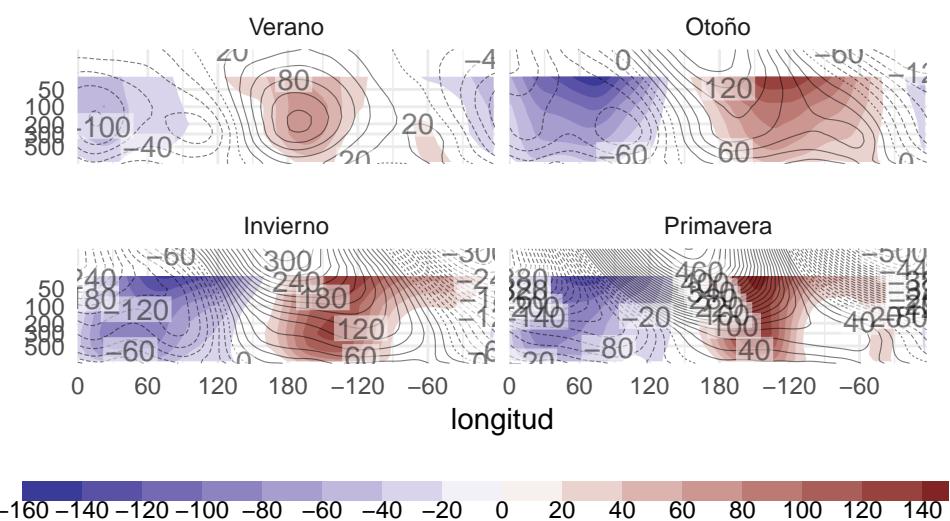


Figura 7.61: Corte zonal de anomalía de geopotencial en -60° (speedy sombreado, ncep contornos).fig:ghz-sp-nc-corte60

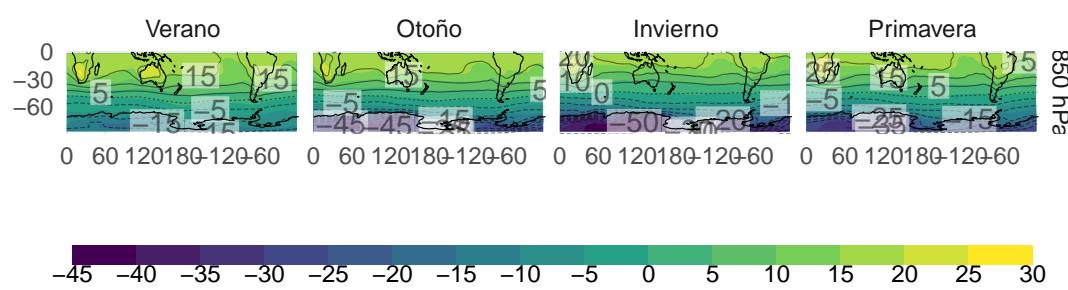


Figura 7.62: Temperaturafig:t-nc-sp

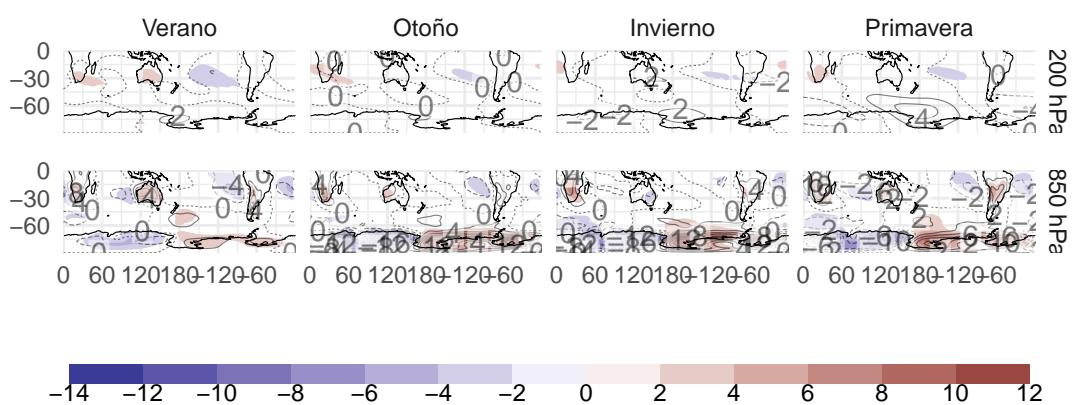


Figura 7.63: T*fig:tz-sp-nc

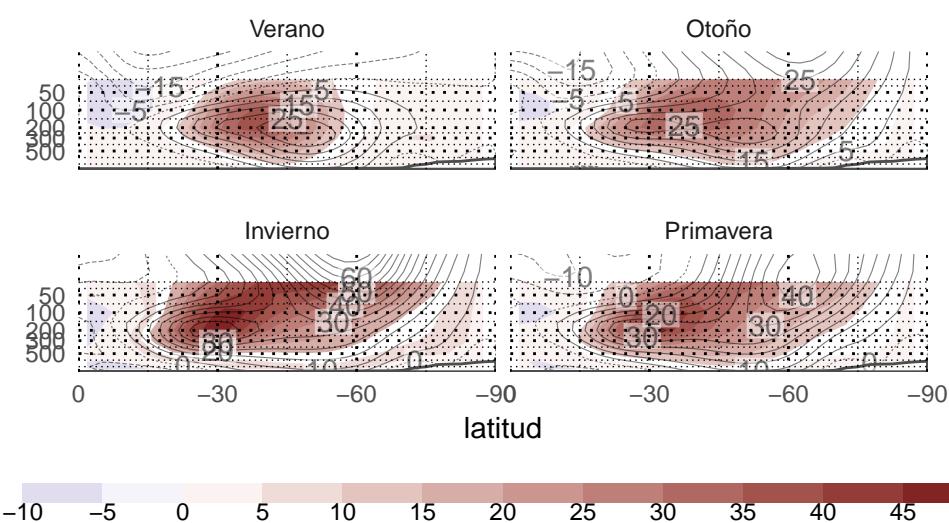


Figura 7.64: Viento zonal medio (speedy contornos, ncep sombreado). - fig:u-sp-nc-corte

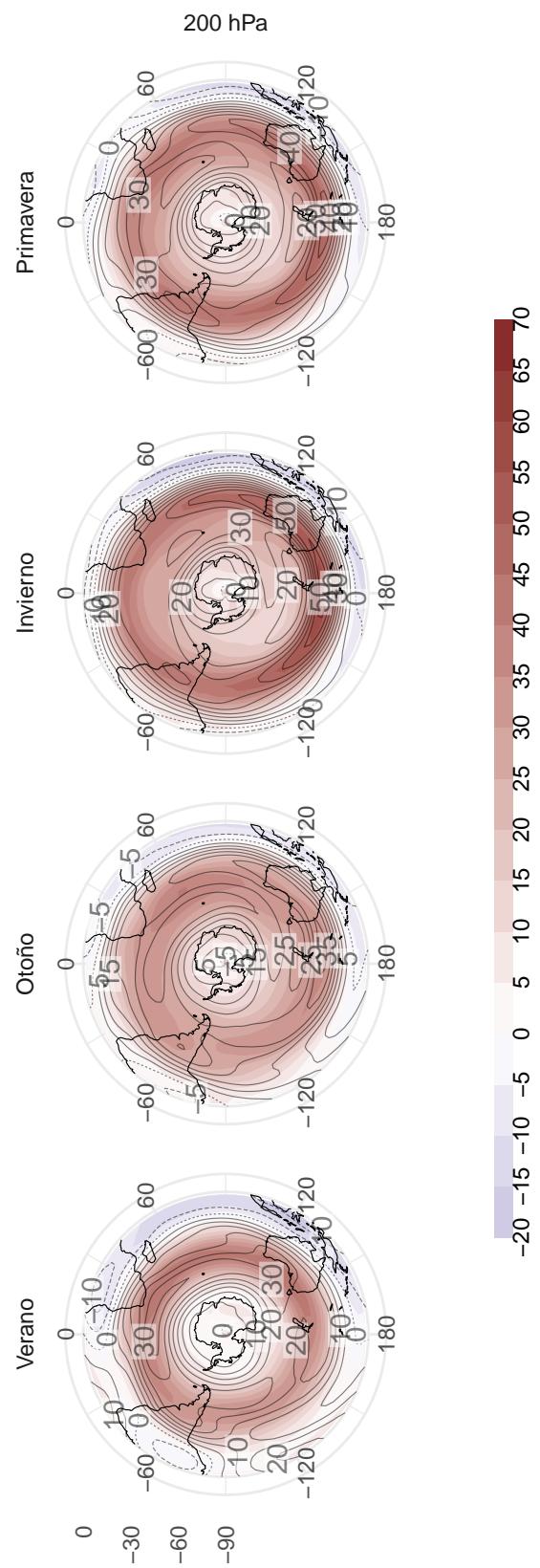


Figura 7.65: Viento zonal (contornos ncep, sombreado speedy).fig:u-sp-nc

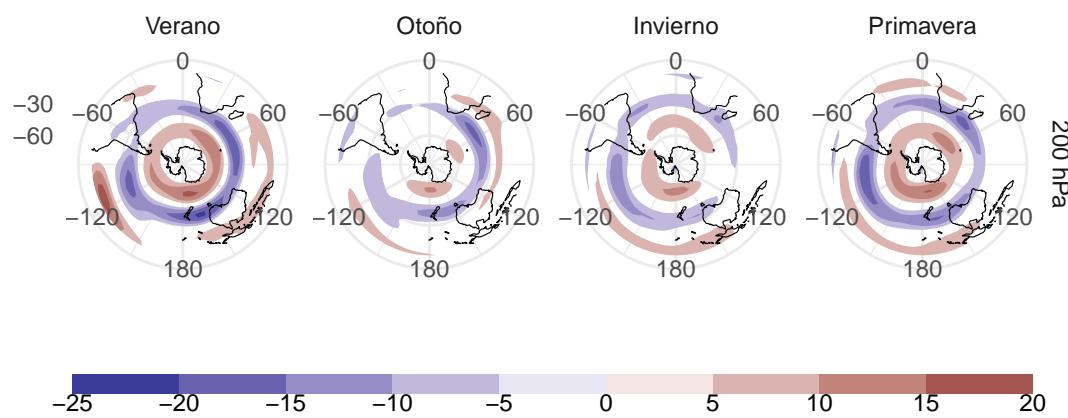


Figura 7.66: Diferencia entre ncep y speedy en viento zonal fig:u-dif-sp-nc

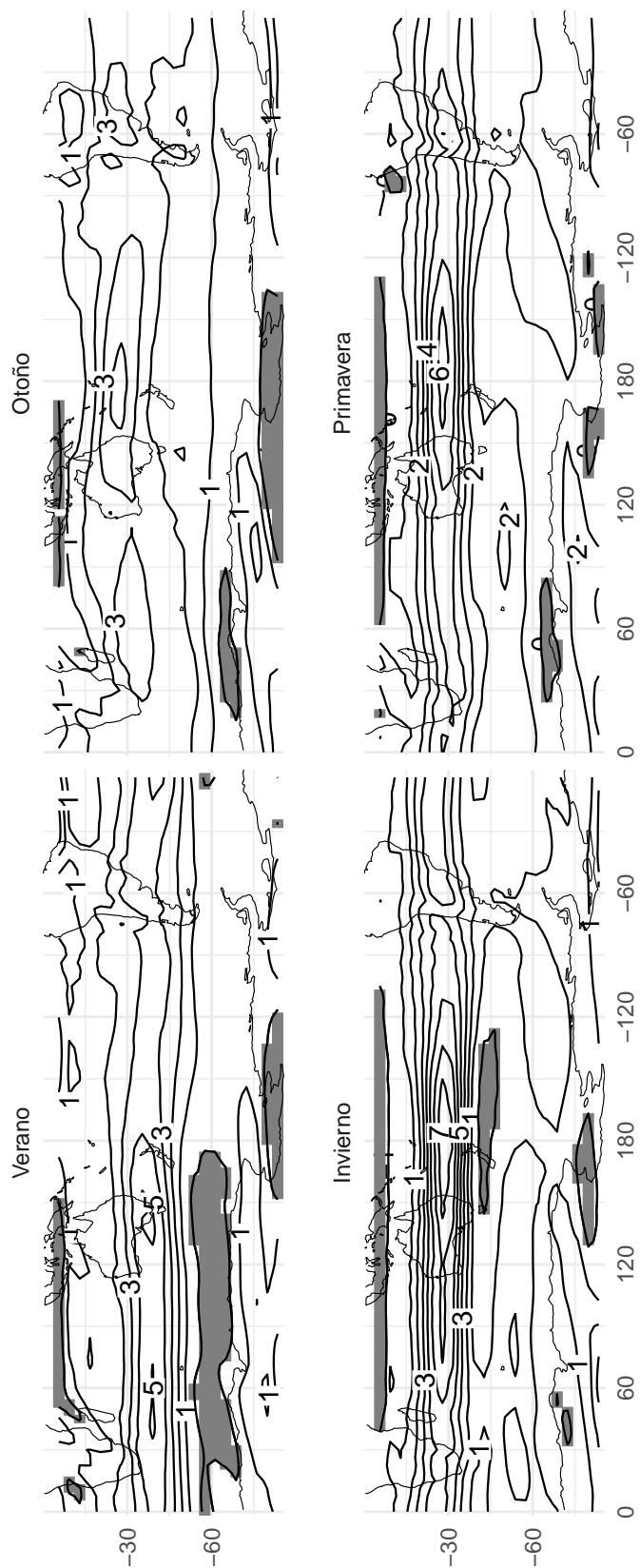


Figura 7.67: Gradiente meridional de vorticidad absoluta (speedy).fig:etady-sp-nc

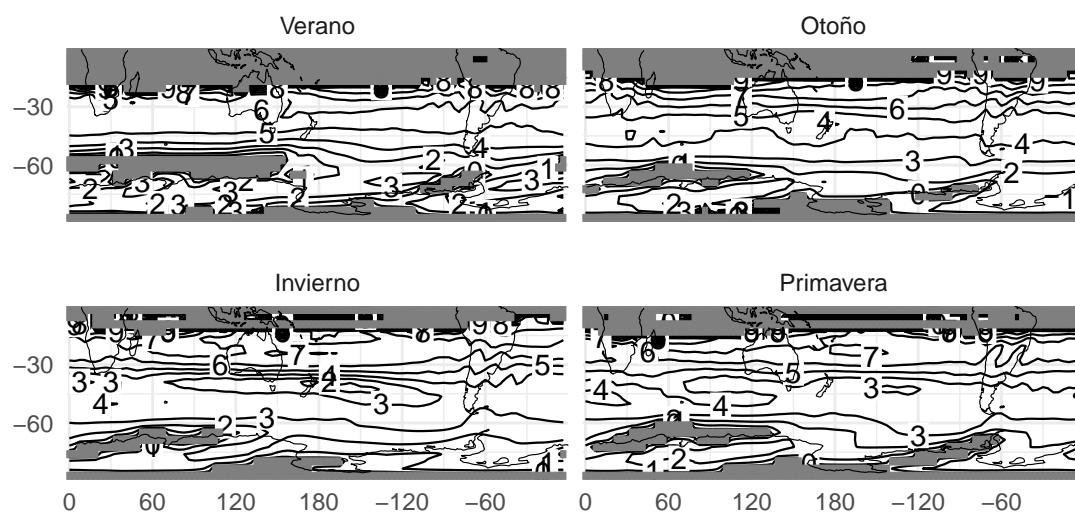


Figura 7.68: Número de onda estacionario en 300hPa (speedy).fig:ks-sp

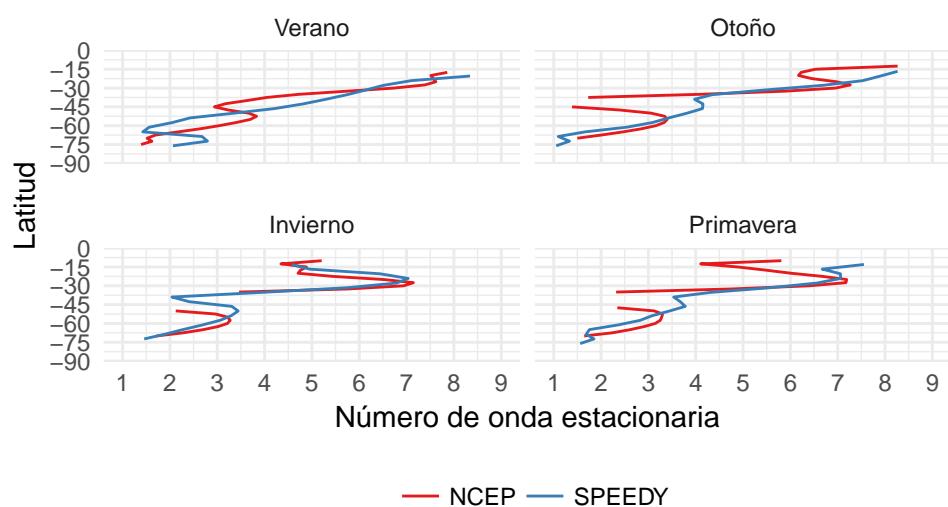


Figura 7.69: Número de onda estacionario medio por círculo de latitud.fig:ks-sp-nc-corte

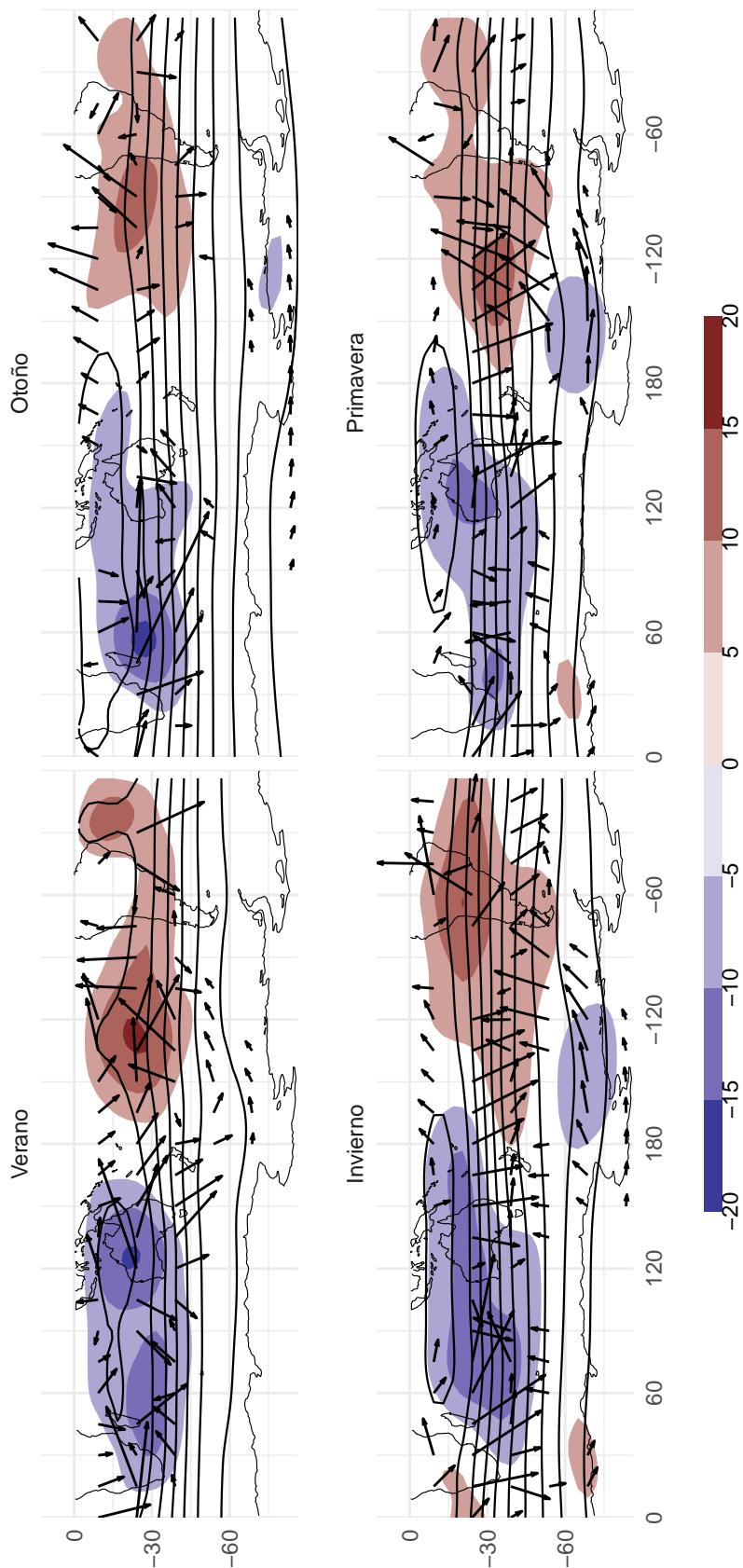


Figura 7.70: Función corriente x 1099fig:psi-sp

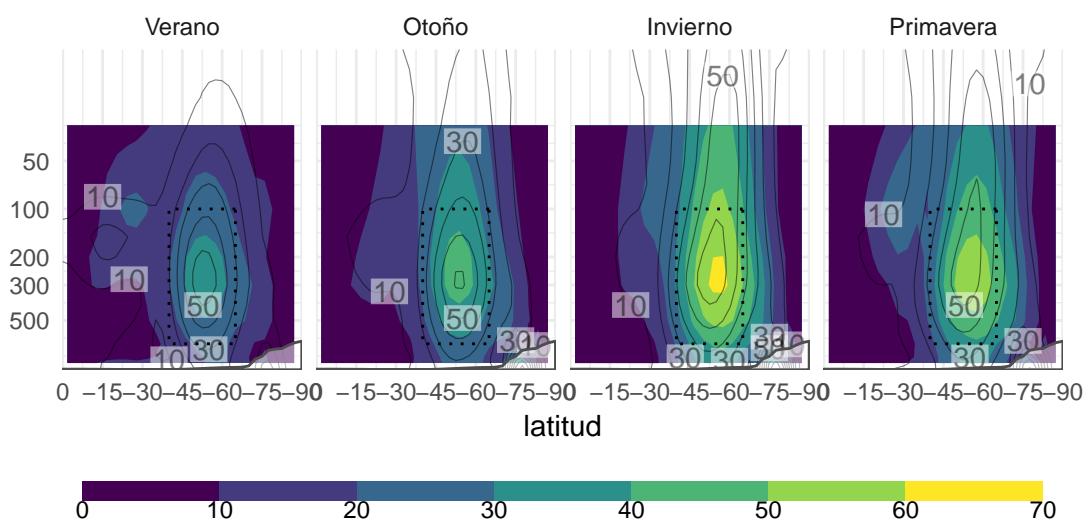


Figura 7.71: Amplitud de Fourier (speedy en sombreado, ncep en contornos).fig:ampl-sp-nc

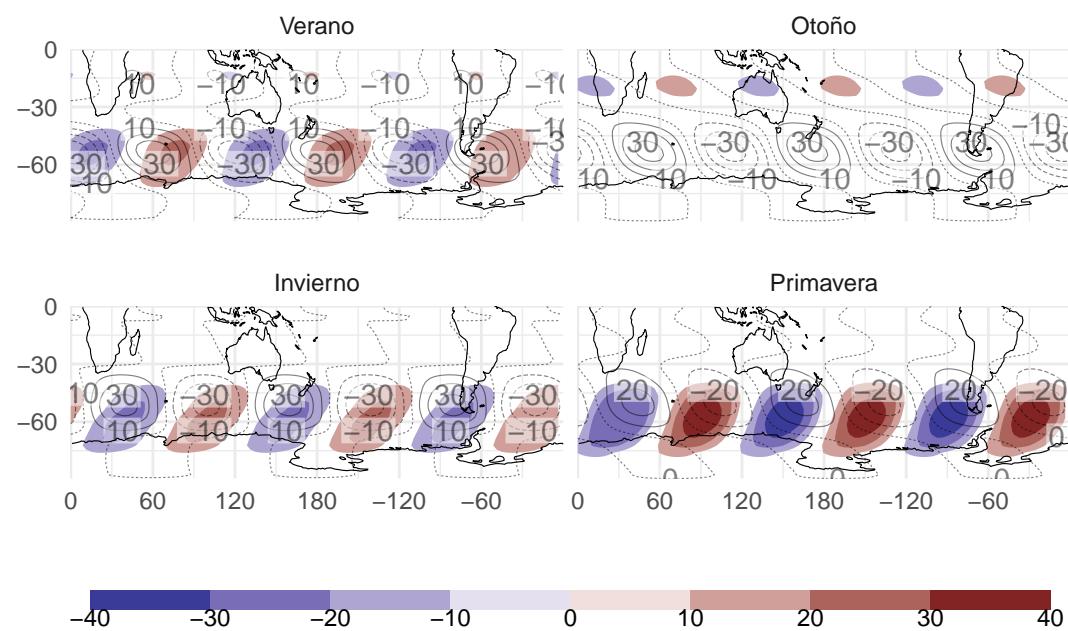


Figura 7.72: Media de reconstrucción de onda 3 (sombreado speedy, contornos ncep)fig:qs2-sp-nc

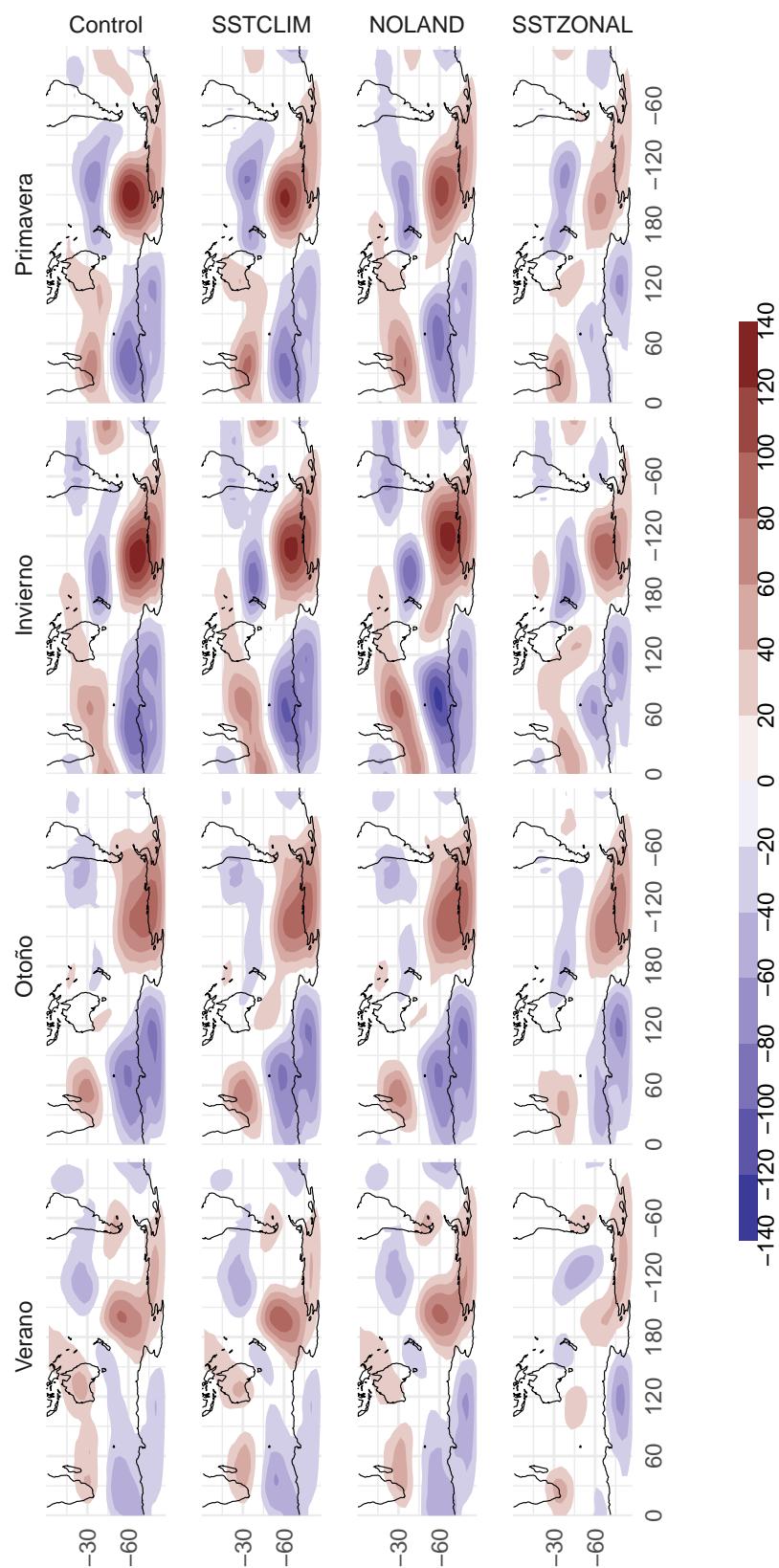


Figura 7.73: Anomalía zonal de altura geopotencial.fig:ghz-sp-runs

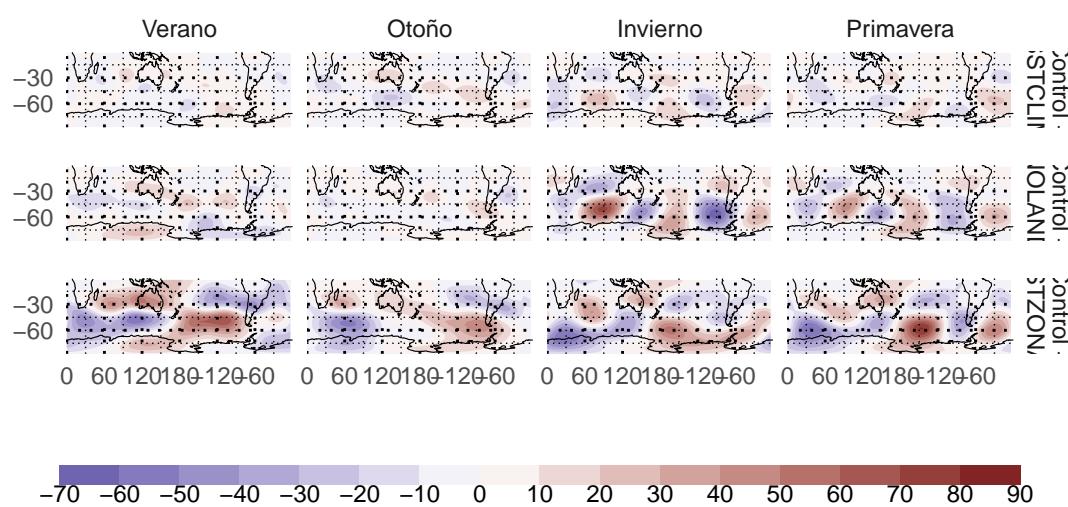


Figura 7.74: Diferencia Control - corrida para Z^* - fig:ghz-dif-sp-runs

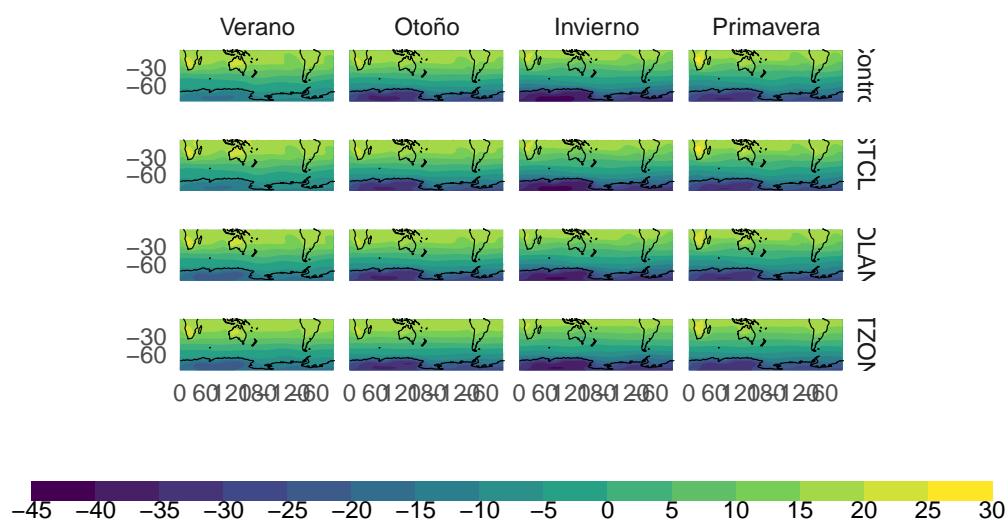


Figura 7.75: Temperatura media en 850hPa.fig:t-sp-runs

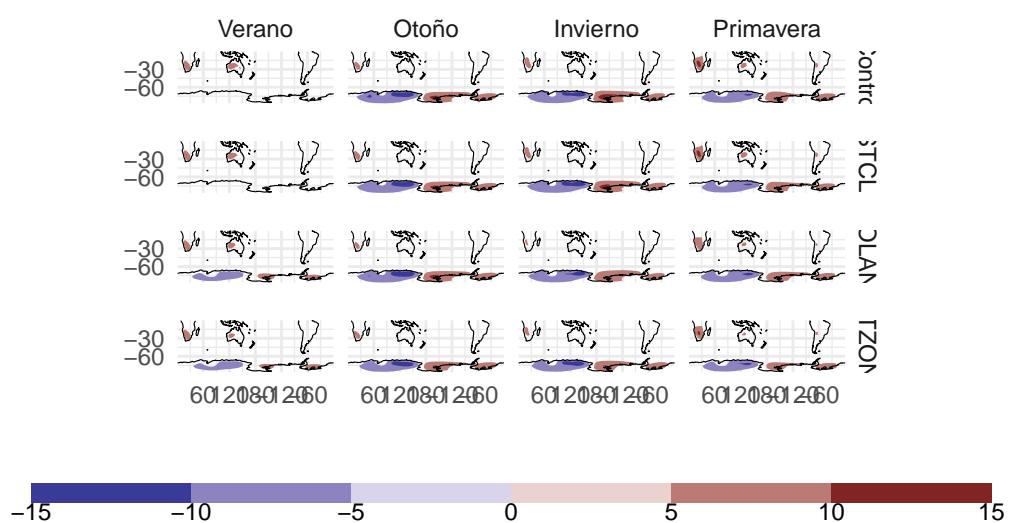


Figura 7.76: Temperatura media en 850hPa.fig:tz-sp-runs

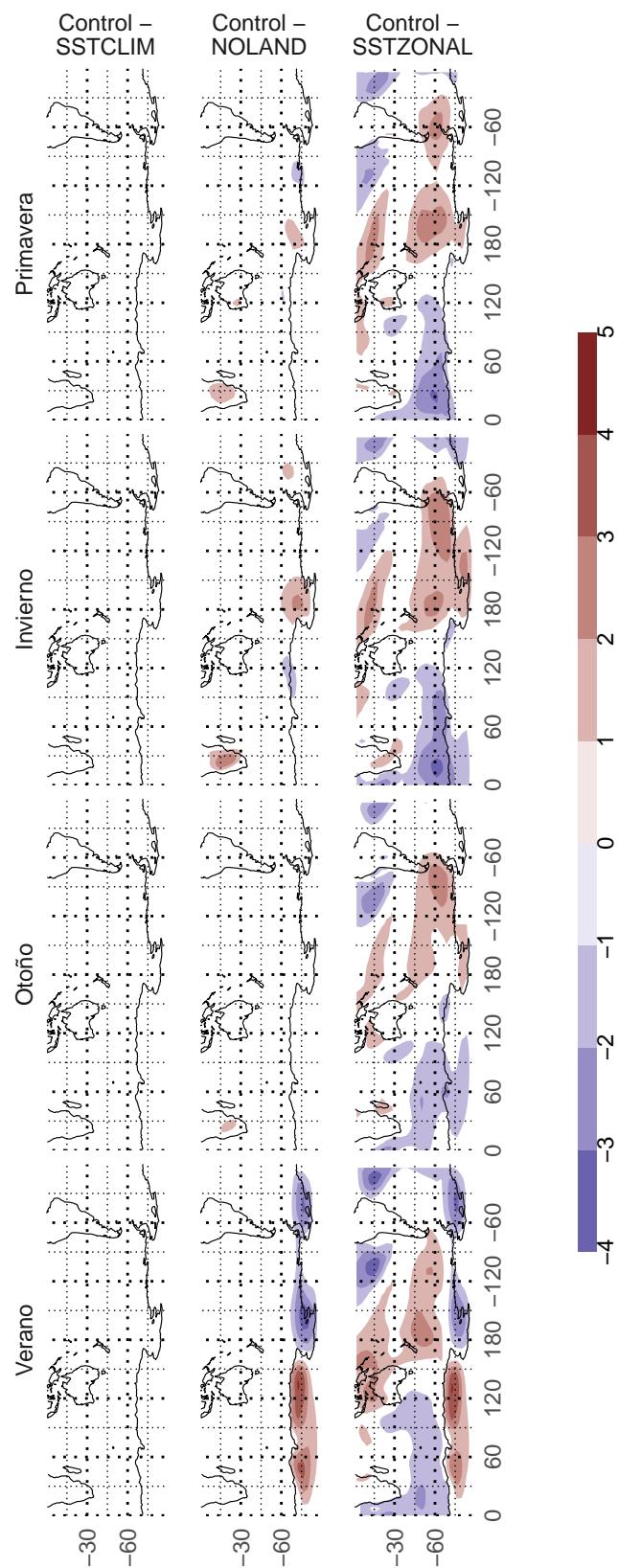
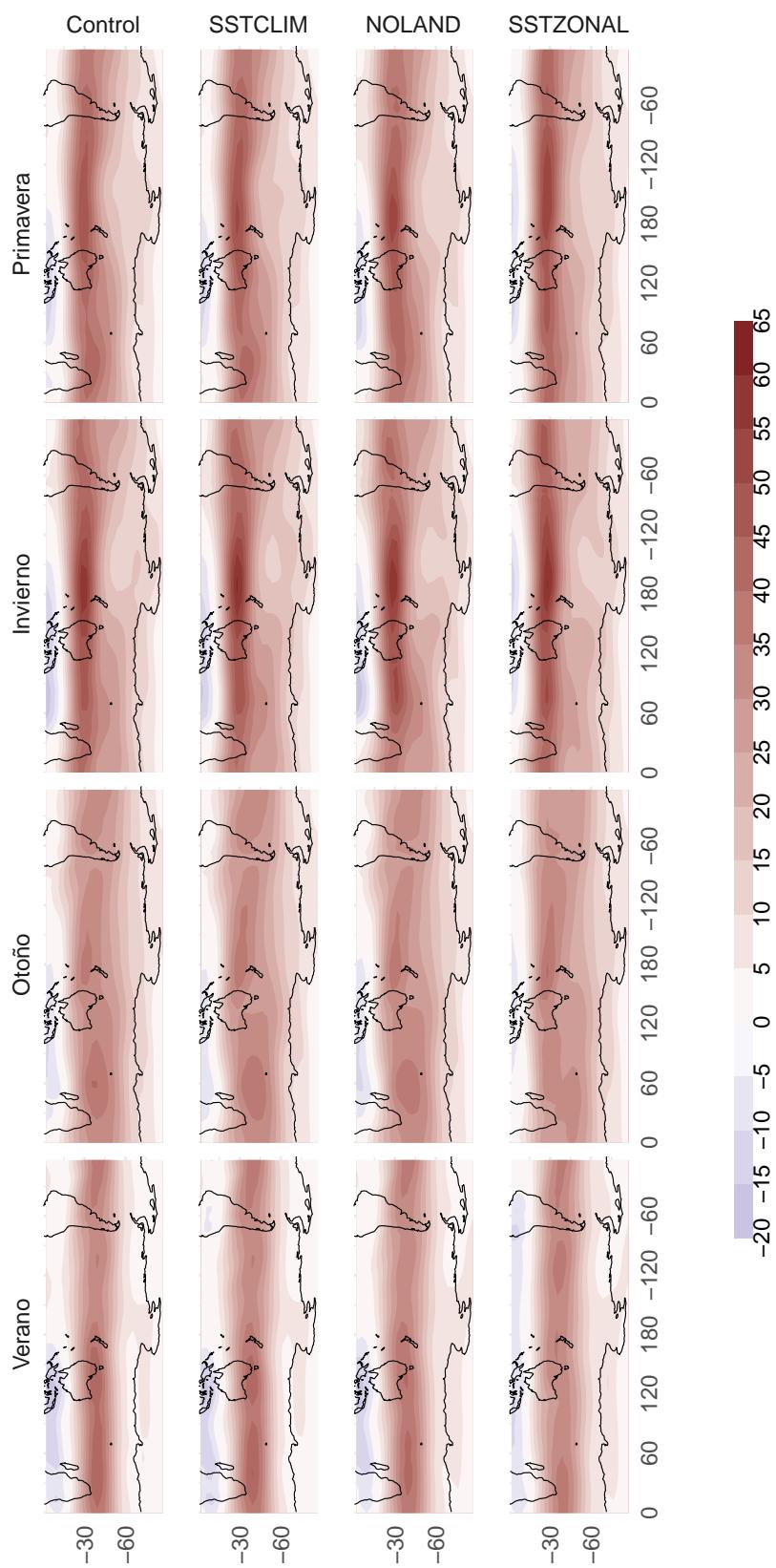


Figura 7.77: Diferencia Control - corrida para T^* - fig:tz-dif-sp-runs

Figura 7.78: Viento zonal
fig:uz-sp-runs

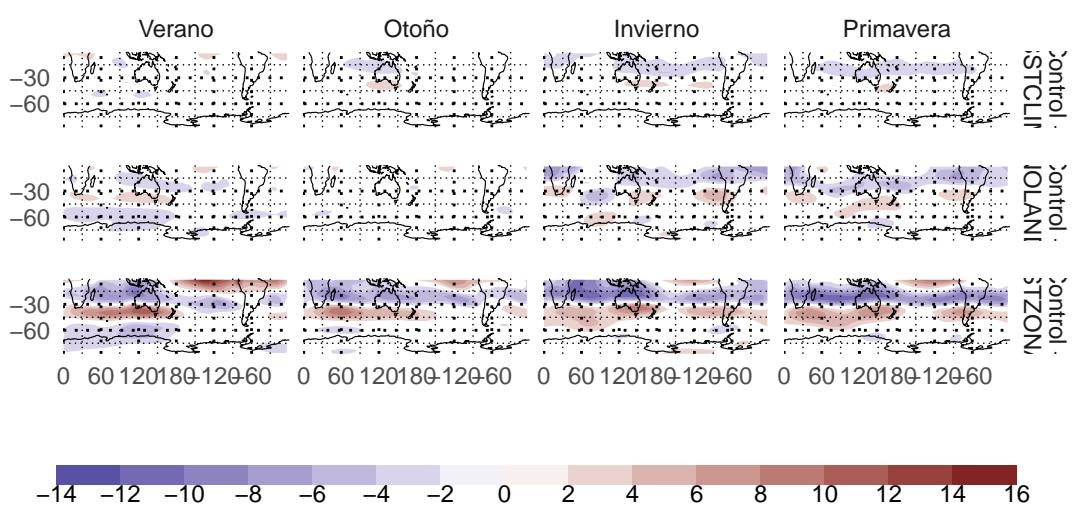


Figura 7.79: Diferencia control - corrida para U. - fig:u-dif-sp-runs

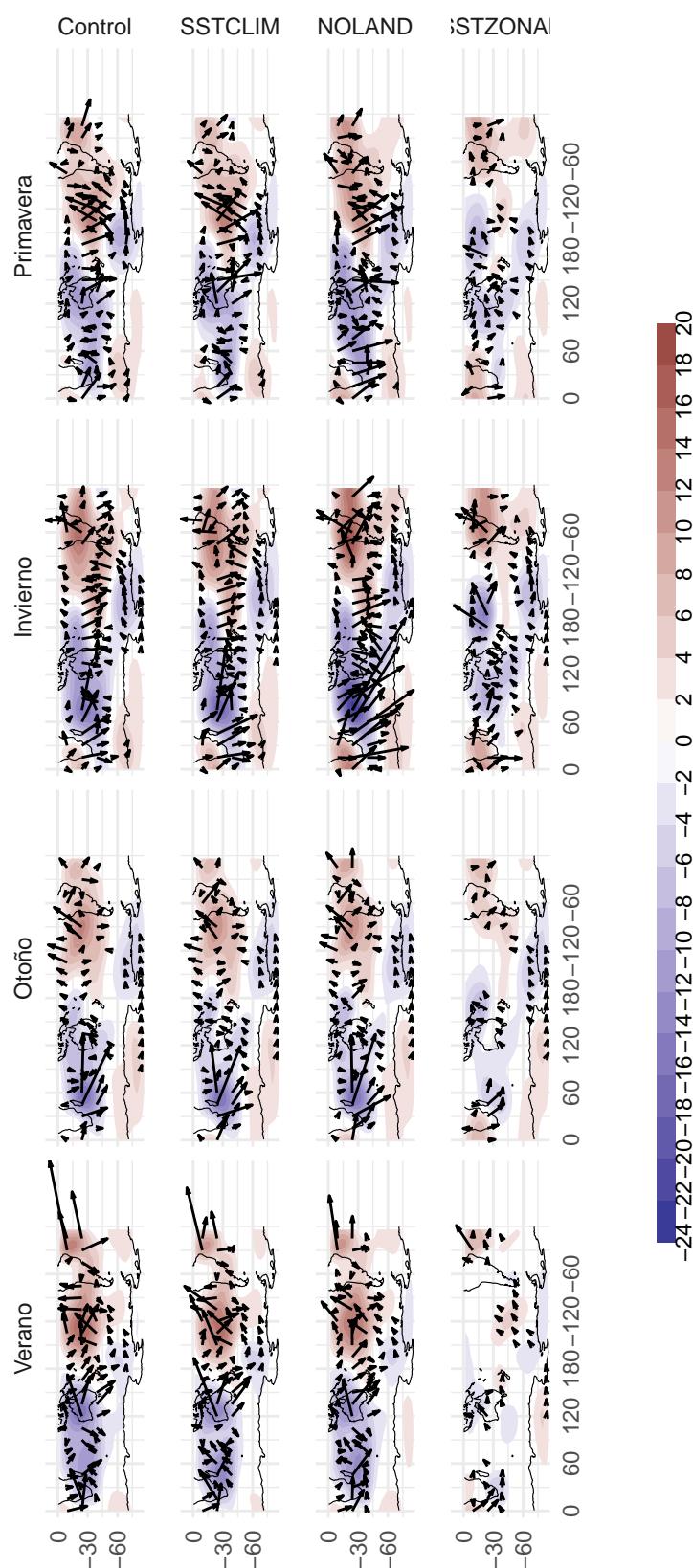


Figura 7.80: Anomalía zonal de función corriente y flujos de acción de onda.fig;psi-sp-runs

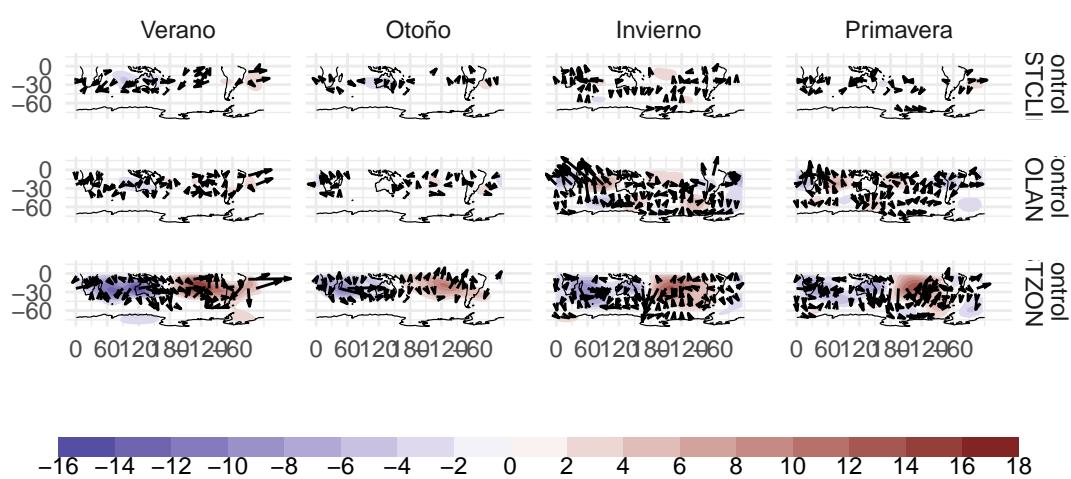


Figura 7.81: Diferencia en psi.z y flujos de acción de onda.fig:psiz-dif-sp-runs

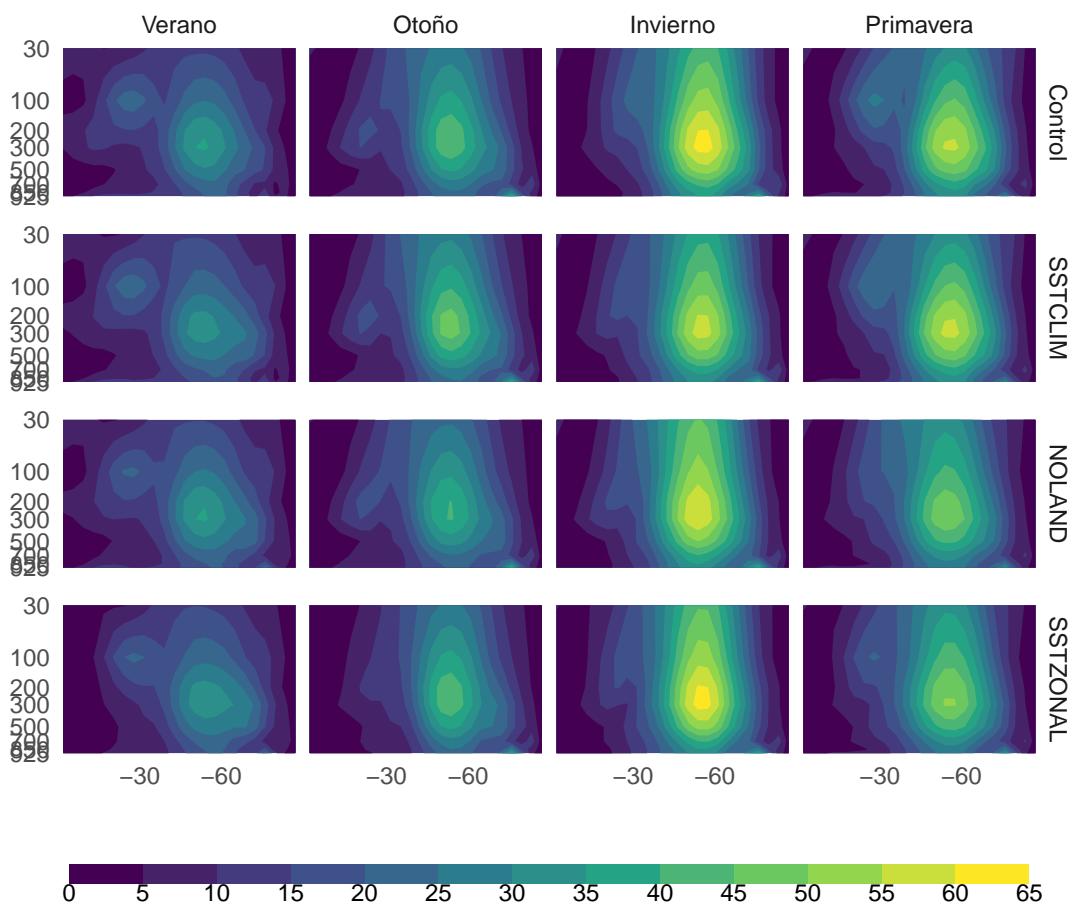


Figura 7.82: Amplitud media de la onda 3 para cada corrida.fig:ampl-sp-runs

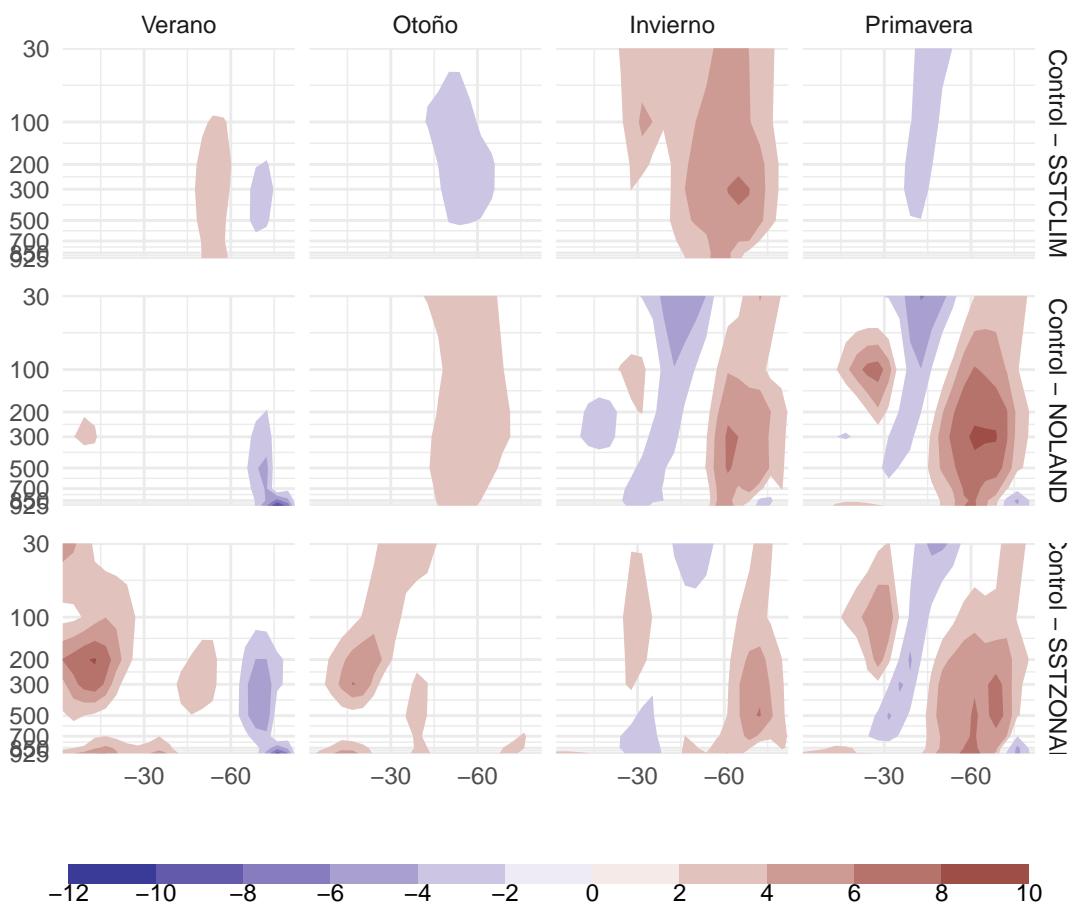


Figura 7.83: Diferencia de amplitud entre la corrida control y cada corrida.fig:ampl-dif-sp-runs

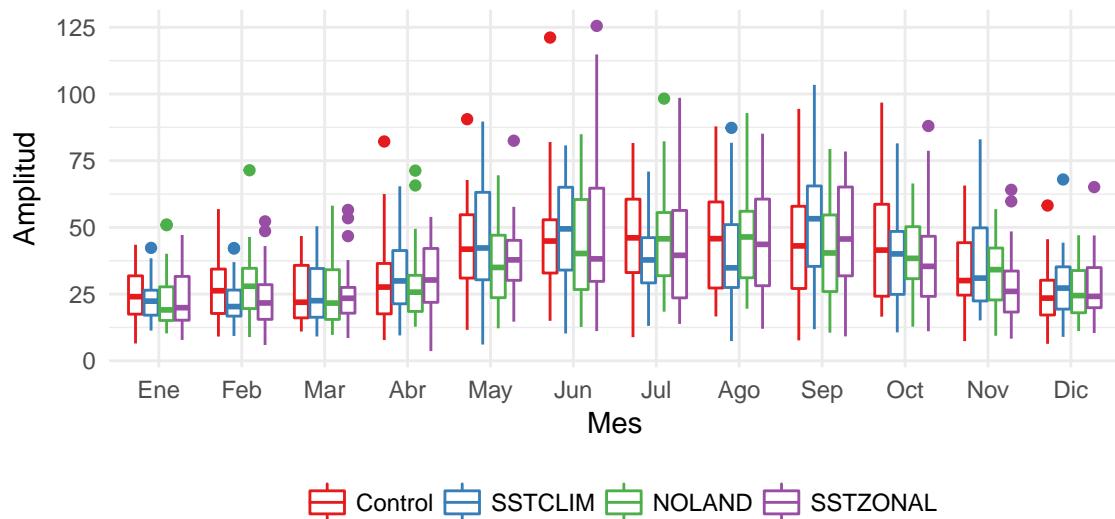


Figura 7.84: Ciclo anual de amplitud de onda 3.fig:index-sp-boxplot

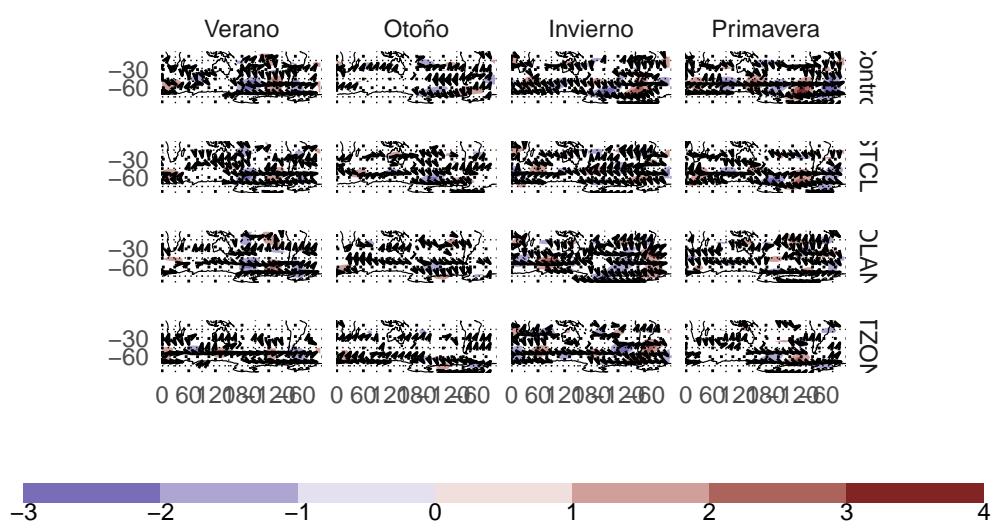


Figura 7.85: Regresión en función corriente. - fig:regr-psi-sp-runs