

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“TELECONEXIONES-ENSO PARA EL PRONÓSTICO ESTACIONAL
DE LLUVIAS Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA EN EL
DEPARTAMENTO DE JUNÍN”**

Presentado por:

Marisela Rivera Ccaccachahua

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO METEORÓLOGO

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“TELECONEXIONES-ENSO PARA EL PRONÓSTICO ESTACIONAL
DE LLUVIAS Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA EN EL
DEPARTAMENTO DE JUNÍN”**

Presentado por:

Marisela Rivera Ccaccachahua

Tesis para Optar por el Título Profesional de:

INGENIERO METEORÓLOGO

Sustentado y aprobado por el siguiente Jurado:

Mg. Sc. Eusebio Cisneros Tarmeño
PRESIDENTE

Ing. Franklin Unsihuay Tovar
MIEMBRO

Ing. Hector Huisacaina Soto
MIEMBRO

Mestre. Jerónimo García Villanueva
ASESOR

Ph.D. Guillermo Baigorria Paz
Co Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Aurea Ccaccachahua y Andrés Rivera, mi tía Lucia Ccaccachahua y a mis hermanos Giannina, Cristian y Carlos por ser mi fuente de inspiración y motivarme a culminar mis estudios, apoyándome en las decisiones que elijo para mi felicidad.

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias al profesor Jerónimo García por las enseñanzas a lo largo de mi carrera profesional y por transmitir con sus acciones que sea mejor cada día e íntegra; miles de gracias por brindarme su asesoría para la presente tesis.

A mi co-asesor Guillermo Baigorria, agradecer la paciencia y exigencia en las reuniones del taller, así como las palabras de aliento días previos a la sustentación.

Un agradecimiento especial a la Ing. Irene Trebejo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología por darme la oportunidad de iniciar este tema de tesis, fortaleciendo mi experiencia profesional, y abrirme las puertas para conocer amistades valiosas. Entre los colegas de la Dirección de Agrometeorología hago mención a mi estimado Glicerio Canchari por sus valiosos consejos y explicaciones.

Asimismo, agradecer también a todos mis amigos que me motivaron constantemente a seguir avanzando con este trabajo y me brindaron bastante apoyo emocional. Un agradecimiento especial a Gustavo De La Cruz y Ena Jaimes por todo su apoyo y por estar pendiente de que terminara esta tesis. A Carill Garay por mostrar interés y brindar un pequeño tiempo, pero significativo, en mi investigación y recordarme que aún hay bastante que estudiar y hacer.

Finalmente, quisiera agradecer también al jurado calificador de esta tesis por sus valiosos consejos y sugerencias que hicieron que esta tesis vaya mejorando con cada revisión.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|--------------|
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. EL NIÑO - OSCILACIÓN DEL SUR | 3 |
| 2.1.1. ASPECTOS GENERALES..... | 3 |
| 2.1.2. VARIEDADES DE EL NIÑO | 5 |
| 2.2. MECANISMOS OCEÁNICO – ATMOSFÉRICO..... | 7 |
| 2.3. TELECONEXIONES | 12 |
| 2.3.1. ÍNDICE OCEÁNICO EL NIÑO (ONI) | 16 |
| 2.3.2. ÍNDICE COSTERO EL NIÑO (ICEN) | 17 |
| 2.4. VARIABILIDAD CLIMATICA DE LA LLUVIA EN EL PERÚ Y SU RELACIÓN CON EL FENÓMENO EL NIÑO..... | 19 |
| 2.5. AGRICULTURA Y PRODUCCIÓN EN JUNÍN | 24 |
| 2.6. CULTIVO DE PAPA | 26 |
| 2.6.1. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS | 27 |
| 2.6.2. FENOLOGÍA | 30 |
| 2.6.3. CALENDARIO AGRÍCOLA | 32 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 37 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDIO | 37 |
| 3.2. MATERIALES | 38 |
| 3.2.1. INFORMACIÓN CLIMÁTICA..... | 38 |
| 3.2.2. DATOS DE REANALYSIS ERA-INTERIM..... | 41 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 3.2.3. | INFORMACIÓN AGRARIA..... | 41 |
| 3.2.4. | INFORMACIÓN DE ÍNDICES DE TELECONEXIÓN CLIMÁTICA..... | 43 |
| 3.2.5. | SOFTWARES | 43 |
| 3.3. | MÉTODOS | 43 |
| 3.3.1. | DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA | 44 |
| 3.3.2. | DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA LLUVIA..... | 45 |
| 3.3.3. | DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN LA LLUVIA..... | 51 |
| 3.3.4. | DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA..... | 56 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 61 |
| 4.1. | DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA | 61 |
| 4.1.1. | PATRONES DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN VERANO | 61 |
| 4.1.2. | PATRONES DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE INVIERNO..... | 65 |
| 4.2. | DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA LLUVIA..... | 70 |
| 4.2.1. | CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA | 70 |
| 4.2.2. | VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA LLUVIA..... | 73 |
| 4.3. | DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN LA LLUVIA | 83 |
| 4.3.1. | LLUVIA Y ONI | 86 |
| 4.3.2. | LLUVIA E ICEN | 102 |
| 4.4. | DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA | 116 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 121 |

| | |
|---|------------|
| VI. RECOMENDACIONES..... | 123 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 124 |
| VIII. ANEXOS..... | 136 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Dimensiones de las regiones El Niño en el Pacífico ecuatorial. | 4 |
| Tabla 2: Umbrales para identificar la magnitud de El Niño/La Niña, según la NOAA en la región del Pacífico tropical Niño 3.4. | 17 |
| Tabla 3: Categorías y magnitudes de un evento El Niño acorde al Índice Costero El Niño (ICEN). | 18 |
| Tabla 4: Estructura agraria de las tierras en el departamento de Junín. | 25 |
| Tabla 5: Producción, superficie cultivada y rendimiento del cultivo de papa en el valle del Mantaro. | 26 |
| Tabla 6: Requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos del cultivo de papa mejorada en la sierra andina. | 28 |
| Tabla 7: Requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos para las variedades de papa nativa dulce y amarga en la sierra andina. | 29 |
| Tabla 8: Duración de las etapas fenológicas del cultivo de papa en la subcuenca de Shullcas, Junín. | 31 |
| Tabla 9: Comportamiento fenológico del cultivo de papa durante la campaña agrícola en la subcuenca de Shullcas, Junín. | 31 |
| Tabla 10: Estacionalidad de las siembras y cosechas del cultivo de papa a nivel distrital en el departamento de Junín (%). | 34 |
| Tabla 11: Estaciones meteorológicas base utilizadas para la investigación. | 40 |
| Tabla 12: Distritos productores del cultivo de papa. | 42 |
| Tabla 13: Estaciones meteorológicas seleccionadas para el análisis con los índices ONI e ICEN con la lluvia. | 51 |
| Tabla 14: Distribución porcentual de las lluvias en la sierra de Junín. | 73 |
| Tabla 15: Estadísticos del P-valor obtenidos en el ANOVA para el periodo lluvioso, evaluados con los índices de teleconexión ONI e ICEN. | 85 |

Tabla 16: Distribución de residuales de rendimiento (%) de papa para cada fase ENSO con el índice ONI en distritos con significancia estadística..... 117

Tabla 17: Distribución de residuales de rendimiento (%) de papa para cada fase ENSO con el índice ICEN en distritos con significancia estadística..... 119

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Regiones “El Niño”, en el pacífico ecuatorial, generalmente usados para el diagnóstico y pronóstico de El Niño..... | 4 |
| Figura 2: Anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) en la fase “pico” (marzo-mayo) y “madura” (diciembre-febrero) para la variedad del evento El Niño “canónico”. | 6 |
| Figura 3: Acoplamiento de los procesos oceánicos – atmosféricos en el Pacífico Ecuatorial en condiciones normales | 9 |
| Figura 4: Condiciones normales en el Pacífico Ecuatorial..... | 9 |
| Figura 5: Esquema de las condiciones océano – atmosféricas en a) la fase cálida del ENSO: El Niño y la fase b) fría del ENSO: La Niña en el Pacífico Ecuatorial. | 11 |
| Figura 6: Impactos de El Niño en el clima para el periodo a) Diciembre- Febrero y para b) el periodo Junio - Agosto | 14 |
| Figura 7: Impactos de La Niña en el clima para el periodo a) Diciembre- Febrero y para b) el periodo Junio - Agosto. | 15 |
| Figura 8: Correlación de anomalías entre la lluvia y la TSM de la región El Niño 1+2..... | 20 |
| Figura 9: Correlación de anomalías entre la lluvia y la TSM de la región El Niño 3.4..... | 21 |
| Figura 10: Correlaciones significativas al 95% entre las lluvias anuales y los valores medio anuales de a) índice E y b) índice C. Los triángulos hacia abajo representan correlaciones negativas y los signos “+” representan correlaciones positivas. | 23 |
| Figura 11: Ubicación del área de estudio en el departamento de Junín | 38 |
| Figura 12: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas base, superpuesta en la Clasificación Climática de Thornthwaite. | 39 |
| Figura 13: Esquema de la metodología de la investigación | 44 |
| Figura 14. Esquema del proceso de obtención de zonas pluviométricas homogéneas. | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 15: Visualización del software CCFT versión 4.05, utilizando la opción “Climatic variables”. | 53 |
| Figura 16: Formato de salida del software CCFT versión 4.05 | 55 |
| Figura 17: Visualización del software CCFT versión 4.05, utilizando la opción “Crop yields”. | 58 |
| Figura 18: Esquema de los procesos utilizados para el análisis de la influencia del ENSO en los rendimientos del cultivo de papa. | 59 |
| Figura 19: Caracterización de los patrones atmosféricos en verano | 64 |
| Figura 20: Caracterización de los patrones atmosféricos en invierno. | 67 |
| Figura 21: Climatología Sinóptica mensual en la sierra de Junín - Reanalysis ERA-INTERIM | 69 |
| Figura 22: Comportamiento promedio de las lluvias (1981-2010) en la sierra de Junín. | 72 |
| Figura 23: Regionalización climática de las lluvias para el periodo: Setiembre –Noviembre. | 74 |
| Figura 24: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional A para el periodo: Setiembre – Noviembre. | 75 |
| Figura 25: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional B para el periodo: Setiembre – Noviembre. | 76 |
| Figura 26: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional C para el periodo: Setiembre – Noviembre. | 77 |
| Figura 27: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional D para el periodo: Setiembre – Noviembre. | 77 |
| Figura 28: Regionalización climática de las lluvias para el periodo: Enero – Marzo. | 78 |
| Figura 29: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional A para el periodo: Enero – Marzo. | 79 |
| Figura 30: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional B para el periodo: Enero – Marzo. | 80 |

| | |
|---|----|
| Figura 31: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional C para el periodo: Enero – Marzo..... | 80 |
| Figura 32: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional D para el periodo: Enero – Marzo..... | 81 |
| Figura 33: Regresión lineal entre la lluvia acumulada y la altitud (m) para el trimestre setiembre-noviembre en la izquierda y para el trimestre enero-marzo en la derecha. | 82 |
| Figura 34: Comportamiento de las lluvias en la Fase Positiva del ONI – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal. | 90 |
| Figura 35: Comportamiento: de las lluvias en la Fase Negativa del ONI – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal. | 91 |
| Figura 36: Efecto del índice ONI con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 92 |
| Figura 37: Efecto del índice ONI con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). | 93 |
| Figura 38: Efecto del índice ONI con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 94 |
| Figura 39: Efecto del índice ONI con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 95 |
| Figura 40: Efecto del índice ONI con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 96 |
| Figura 41: Efecto del índice ONI con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figura 42: Efecto del índice ONI con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 98 |
| Figura 43: Efecto del índice ONI con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor <0.1)..... | 99 |
| Figura 44: Efecto del índice ONI con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 100 |
| Figura 45: Efecto del índice ONI con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 101 |
| Figura 46: Comportamiento de las lluvias en la Fase Positiva del ICEN – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal. | 104 |
| Figura 47: Comportamiento de las lluvias en la Fase Negativa del ICEN – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal. | 105 |
| Figura 48: Efecto del índice ICEN con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 106 |
| Figura 49: Efecto del índice ICEN con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 107 |
| Figura 50: Efecto del índice ICEN con dos mes de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 108 |

| | |
|--|-----|
| Figura 51: Efecto del índice ICEN con dos mes de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 109 |
| Figura 52: Efecto del índice ICEN con tres mes de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 110 |
| Figura 53: Efecto del índice ICEN con tres mes de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 111 |
| Figura 54: Figura 56. Efecto del índice ICEN con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). | 112 |
| Figura 55: Efecto del índice ICEN con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 113 |
| Figura 56: Efecto del índice ICEN con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 114 |
| Figura 57: Efecto del índice ICEN con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1)..... | 115 |
| Figura 58: Comportamiento de los residuales de rendimiento del cultivo de papa en la Fase Positiva, Neutra y Negativa (significancia en P-valor < 0.1) para los índices de teleconexión ONI e ICEN..... | 120 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1: Episodios cálidos (color rojo) y fríos (color azul), de acuerdo al CPC (NOAA) utilizando el índice ONI | 136 |
| ANEXO 2: Lista de eventos El Niño Costero en el Perú, de acuerdo al índice ICEN – ENFEN. | 138 |
| ANEXO 3: Lista de eventos La Niña Costero en el Perú, de acuerdo al índice ICEN – ENFEN | 139 |
| ANEXO 4: Prueba de comparación múltiple de Duncan | 140 |
| ANEXO 5: Normales climáticas mensuales de lluvia | 142 |
| ANEXO 6: P-valor obtenidos para los distritos productores de papa, en análisis utilizando el índice ONI | 143 |
| ANEXO 7: P-valor obtenidos para los distritos productores de papa, en análisis utilizando el índice ICEN | 146 |

RESUMEN

En la presente tesis se evalúa el potencial predictivo de dos índices de teleconexión ENSO (El Niño Southern Oscillation), ONI (Oceanic Niño Index) e ICEN (Índice Costero El Niño), sobre el comportamiento de la lluvia y el rendimiento del cultivo de papa. Se analizó los patrones de circulación atmosférica que predominan en la zona altoandina de Junín, donde las lluvias son condicionadas por el acoplamiento de la Alta de Bolivia y la Vaguada de Noreste de Brasil en la alta atmósfera, que aunado a la humedad transportada de la cuenca amazónica en superficie definen un verano lluvioso. Luego, se analizó la variabilidad climática; donde el inicio y fin de la temporada lluviosa predomina entre los meses de octubre y marzo abarcando entre el 75 a 85 por ciento de las lluvias, con picos máximos en febrero. Se obtuvieron cuatro zonas homogéneas en ambos trimestres (setiembre-noviembre y enero-marzo), siendo al vector C la mayor área dedicada al cultivo de papa. Posteriormente, mediante el análisis de varianza se evidencia que las fases ENSO tienen un efecto significativo en las distribuciones de las lluvias, principalmente con el índice ONI en los meses de octubre, noviembre, enero y febrero. En cuanto a la previsión de las lluvias, pueden realizarse hasta con dos meses de anterioridad (Lag2) para octubre, enero y febrero, debilitándose la señal climática de los índices ONI e ICEN a partir del Lag 3. Con el índice ONI predomina lluvias bajo lo normal en octubre para el Lag 0 y Lag 2 durante la fase positiva, y lluvias sobre lo normal en los meses de enero y febrero para el Lag 1 con la fase negativa. Respecto a los efectos de las fases ENSO en el residual del rendimiento del cultivo de papa a nivel distrital, en la mayoría no se presentaron diferencias estadísticamente significativas con ambos índices, a excepción de cuatro distritos con mayores (menores) residuales positivos (negativos) de rendimiento en la fase positiva (negativa) con el ONI; para el caso del ICEN, sólo en tres distritos presentan diferencia estadísticamente significativa, cuyo comportamiento de los residuales de rendimiento son similares al ONI para ambas fases.

Palabras claves: Teleconexiones ENSO, ONI, ICEN, lluvia, residual de rendimiento, papa

ABSTRACT

This thesis evaluates the predictive potential of two ENSO indices (ONI and ICEN) on precipitation and potato yields residual. The studied patterns of atmospheric circulation in the high lands of Junín were the Bolivian High and Northeastern Vaguada of Brazil in the upper atmosphere, where precipitations are conditioned by coupled with the moisture transported the Amazon basin on the surface define a rainy summer. Then, climatic variability was analyzed. Most of the precipitation falls during October and March (75 – 85 percent of the annual rainfall amount), with peaks in February. Four homogeneous zones were obtained in both quarters (September-November and January-March), where vector C shows more area to potato crop than others. About the effects of climatic, known as teleconnections, on precipitation responses statistically significant, mainly with the ONI index in October, November, January and February. For rainfall forecasts, they can be performed up to two months previously (Lag2) for October, January and February, weakening the climatic signal of the ONI and ICEN indexes from Lag 3. In addition, with the ONI index, precipitation is under normal in October to Lag 0 and Lag 2 during the positive phase, and rains above normal in January and February to Lag 1 during the negative phase. To ENSO effects phases on district level potato yield residual, weren't in the majority statistically significant with both indices, however, four districts have strongest effects with yields higher (lower) during positive (negative) phase with the ONI; in the case of the ICEN, only three districts have a statistically significant difference whose behavior of the yields residual are similar to the ONI for both phases.

Keywords: Teleconnection ENSO, ONI, ICEN, precipitation, yield residual, potato

I. INTRODUCCIÓN

La influencia de la variabilidad climática en las actividades humanas viene reflejándose desde tiempo remotos a lo largo de las culturas históricas del Perú. En la actualidad, el clima continúa siendo importante en las actividades de la población y en los sectores socioeconómicos, pues reaccionan ante los fenómenos meteorológicos y climáticos. Uno de esos sectores son los sistemas de producción agrícola de las zonas andinas del Perú, que son altamente dependiente de las temperaturas del aire pero en mayor proporción de las lluvias, principalmente en cultivos de secano para asegurar la disponibilidad de agua, ya que aún se mantiene técnicas de tecnología ancestral. En los últimos años se incrementaron proyectos de riego tecnificado en algunas zonas de la sierra peruana, como en Arequipa, Cajamarca y Junín (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014) con la finalidad de reducir la pérdida de agua ante las deficiencias de lluvias y como control del requerimiento hídrico óptimo.

A partir de los daños considerables en el sector agricultura a causa de las inundaciones y sequías en las diferentes zonas del país durante el evento El Niño 1982-83 se incrementó el interés de la recopilación de la información cuantitativa de los impactos de este evento, así como estudiar de manera general la relación entre ENSO y la lluvia en los Andes del Perú (Lagos y Buizar, 1992; Lagos et al., 2008). Por otro lado, respecto a la cosecha de los cultivos, Unsihuay (1994) propuso modelos agroclimáticos empíricos para los cultivos de papa, maíz, trigo y frijol, de hasta cuatro meses de anticipación, considerando como predictores a la lluvia y temperaturas extremas. A pesar de ello, aún existe poca documentación sobre los efectos ENSO en los andes centrales peruanos, donde se ubica el departamento de Junín.

Esta investigación se enmarca en la zona altoandina de Junín con la finalidad de proporcionar conocimiento a la comunidad agrícola. Comprende territorios con altitudes desde los 2300 m en su flanco oriental hasta los 4500 m en su flanco occidental, abarcando el 47 por ciento de su territorio (BCR, 2013). Se encuentra atravesada por la Cordillera Occidental y posee a uno

de los valles más productivos del país (El Mantaro) y al segundo lago más importante (lago Junín) en la Meseta del Bombón (BCR, 2015). Se caracteriza por presentar a las regiones naturales Quechua, Suni y Puna con clima templado, semifrío y húmedo, según Thornthwaite. Desde el punto de vista fisiográfico presenta un gran paisaje dominante del tipo montañoso con un 69 por ciento de su territorio teniendo entre montañas altas, medias y bajas y pendientes que oscilan de empinadas a extremadamente empinadas (GRNGMA, 2015). Estas condiciones forman parte del entorno de la agricultura de esta zona, donde uno de los principales cultivos, la papa, se ha adaptado hasta a climas limitantes para formar parte de la alimentación básica de la región y de las regiones que abastece, entre ellos a la capital limeña.

Como parte de la variabilidad climática, existe abundante evidencia que los pronósticos estacionales incrementan sus niveles de precisión al considerar las condiciones atmosféricas y oceánicas, contribuyendo enormemente las teleconexiones a dicha predictabilidad.

En este contexto se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las condiciones climáticas de la circulación atmosférica.
- Determinar la variabilidad interanual pluviométrica de la zona de estudio.
- Determinar los efectos de los índices de teleconexión ONI e ICEN sobre el comportamiento estacional de la lluvia
- Determinar los efectos de los índices de teleconexión ONI e ICEN en el rendimiento del cultivo de la papa.

Se pretende que esta tesis amplíe los conocimientos de la influencia de las teleconexiones ENSO en dos variables importantes para la región: lluvia y rendimiento del cultivo de papa, que basados en observaciones históricas pueda contribuir en las medidas y/o estrategias de manejo ante los escenarios esperados para el sector agrícola.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL NIÑO - OSCILACIÓN DEL SUR

2.1.1. ASPECTOS GENERALES

Originalmente el término “El Niño” fue aplicado al flujo débil costero que se desplaza hacia el sur a lo largo de la costa del Ecuador durante la época de Navidad (Wyrтки, 1965). Durante al menos un siglo, los pescadores del norte del Perú observaron hacia finales de diciembre una corriente oceánica cálida que se extendía a lo largo de la costa (Eguiguren, 1894; Wyrтки, 1975). Posteriormente, este fenómeno oceanográfico se vinculó con patrones atmosféricos que se asocian con la “Oscilación del Sur”. Por ello, este fenómeno de gran escala, El Niño - Southern Oscillation (ENSO), resulta ser el modo dominante de la variabilidad del acoplamiento océano-atmósfera a nivel interanual (Trenberth, 1997). En este contexto, durante el verano austral, generalmente los vientos alisios del sureste se debilitan en Perú, la temperatura superficial del mar se incrementa (Wyrтки 1964, citado por Wyrтки 1975a), la zona de convergencia intertropical es desplazada hacia el sur del ecuador y en consecuencia ocurren lluvias torrenciales en la costa del norte del Perú (Ramage, 1975). Todos estos eventos se relacionan con las fluctuaciones de la presión atmosférica sobre las regiones de baja presión en el pacífico oeste y en las regiones de alta presión del pacífico sur este (Walker, 1923).

Las Regiones Niño

Con fines de monitoreo y pronóstico es imprescindible conocer “Las regiones Niño”, las cuales se relacionan con índices basados en la anomalía de la temperatura superficial del mar del océano Pacífico Tropical Ecuatorial. Las regiones más comunes para el monitoreo de El Niño se muestran en la figura 1.

Debido a la importancia de estudiar este fenómeno, se han instalado instrumentos de observación meteorológica y boyas marinas, así mismo se realiza la permanente observación satelital en la red de observación del ENSO. La tabla 1 muestra las dimensiones de las regiones El Niño.

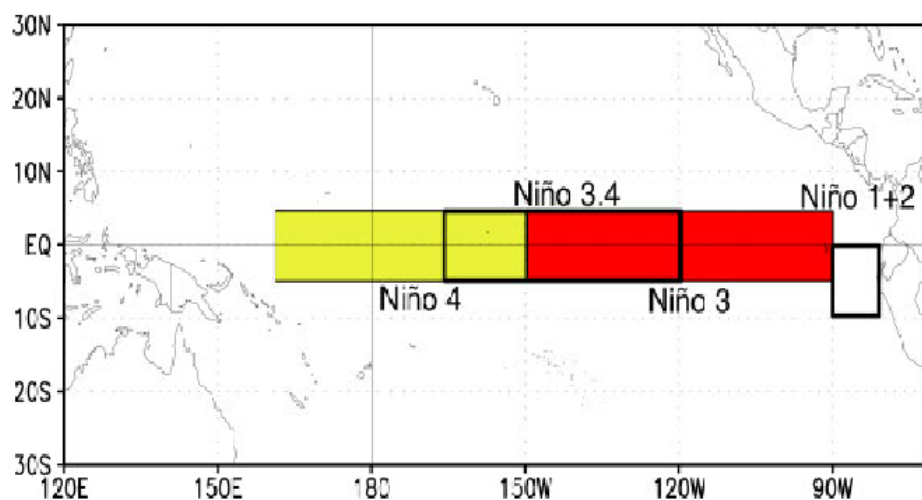


Figura 1: Regiones “El Niño”, en el pacífico ecuatorial, generalmente usados para el diagnóstico y pronóstico de El Niño.

FUENTE: Monitoreo del El Niño, NOAA.

Tabla 1: Dimensiones de las regiones El Niño en el Pacífico ecuatorial.

| Región | Latitud | Longitud |
|----------|---------|-----------|
| Niño 1+2 | 0-10S | 80-90W |
| Niño 3 | 5S-5N | 150W-90W |
| Niño 4 | 5S-5N | 160E-150W |
| Niño 3.4 | 5S-5N | 170W-120W |

FUENTE: Monitoreo ENSO, IRI.

2.1.2. VARIEDADES DE EL NIÑO

En los últimos años se generó una confusión sobre la denominación “El Niño” en Perú, debido a que el concepto que maneja Perú y el resto del mundo no es el mismo, pues presentan distintos enfoques científicos (Takahashi, 2014). La clasificación común de los eventos El Niño se da generalmente donde se observa las mayores anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, a lo largo del Pacífico Ecuatorial. La mayoría coincide en dos tipos de El Niño, el primero con un máximo calentamiento en el Pacífico Ecuatorial Oriental, y el segundo con el máximo en el Pacífico Central (Takahashi y Dewitte, 2015). En este sentido, desde el punto de vista físico no existe diferencias contrastantes entre estos dos tipos El Niño (Ashok et al., 2007), sino más bien parece que fueran variedades dentro de un espectro continuo de tipos (Capotondi et al., 2015). A continuación se presenta las variedades de El Niño que son considerados por Takahashi et al. (2011) donde se reinterpretan los regímenes del ENSO: El Niño Canónico y el Niño Modoki, además del denominado Niño extraordinario, que presenta características distintas a los niños mencionados.

El Niño Canónico

Rasmusson y Carpenter (1982) presentaron la evolución de un Niño promedio en base al análisis de seis eventos El Niño entre 1950 y 1973. Las fases “pico” que correspondieron al calentamiento anómalo en la costa peruana tendieron a ocurrir entre marzo y mayo. Posteriormente, estas anomalías de la TSM se propagaban hacia el oeste, a lo largo del Pacífico tropical, de manera que en el verano siguiente (diciembre-febrero) se observaba un calentamiento anómalo máximo en el Pacífico Tropical Central, pero relativamente menor en la costa del Perú. Esta propagación hacia el oeste en el pacífico central se denominó “canónico” (Cane, 1983).

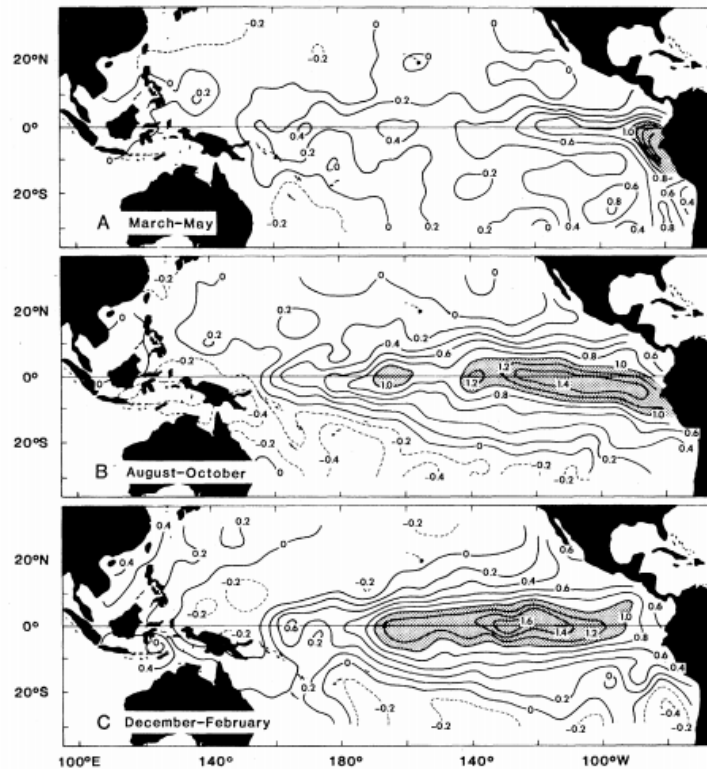


Figura 2: Anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) en la fase “pico” (marzo-mayo) y “madura” (diciembre-febrero) para la variedad del evento El Niño “canónico”.

FUENTE: Cane, 1983.

El Niño Modoki

Takahashi (2014) señala que en las últimas décadas, los eventos El Niño han presentado una variabilidad de la temperatura superficial del mar más enfocada en el Pacífico Tropical Central (región Niño 3.4), con relativamente poca señal en la costa peruana. A este tipo de fenómeno, se le conoce como “Niño Modoki”, el cual proviene de la palabra japonesa *Modoki* que significa “algo similar pero diferente” (Ashok et al., 2007).

Otros nombres con los que se conoce son: “El Niño de la piscina cálida” o “El Niño de la línea de cambio de fecha”.

El Niño Extraordinario

Los eventos anteriores a El Niño 1982-83 presentaron características similares a las variedades de El Niño mencionados anteriormente, sin embargo, en los años 1982-83 y 1997-98 se desarrollaron eventos atípicos de gran magnitud que impactaron a nivel mundial. El evento de 1982-83 fue uno de los más intensos observado hasta entonces, con un comportamiento diferente a lo esperado. Según Rasmusson y Carpenter (1982), el desarrollo de un evento El Niño se iniciaba en el Pacífico Tropical Este, sin embargo, durante 1982 no se presentó esta fase precursora. Aunado a ello, las limitaciones en la medición oceanográfica y problemas con los datos satelitales, la comunidad científica no pudo percatarse de lo que ocurría hasta que el evento se manifestó en toda su magnitud (Takahashi, 2014). En cambio, para El Niño 1997-98 con antecedentes y una mayor profundización del tema fue el primer evento que los científicos pudieron brindar un pronóstico anticipado.

2.2. MECANISMOS OCEÁNICO – ATMOSFÉRICO

Los procesos que comprenden las condiciones océano - atmosféricas en el Pacífico Tropical son fundamentales para el entendimiento del ENSO. Las características principales de este sistema acoplado son: la presión a nivel mar, temperatura superficial del mar (TSM), altura del nivel del mar, vientos superficiales y la temperatura sub superficial del mar (Dijkstra, 2006).

En décadas pasadas, la comunidad científica consiente de su importancia, estudios como los de Bjerknes (1969) demostraron que la variación de la temperatura en el Pacífico Ecuatorial está asociada con la Oscilación del Sur de Gilbert Walker, acreditándolo de la identificación de la relación de la presión de superficie que se da entre el océano Pacífico y la India. Ésta oscilación genera pulsos que se desencadenan en la interacción del sistema océano – atmósfera en el Pacífico ecuatorial, encontrando que El Niño y la Oscilación del Sur son parte del mismo fenómeno.

En condiciones normales, la lluvia máxima ocurre a lo largo de la zona tropical aproximadamente en los 8°N durante los meses de verano y otoño, coincidiendo con el cinturón de baja presión y vientos convergentes en los niveles bajos, denominado Zona de

Convergencia Intertropical (ITZC, siglas en inglés) (Mitchell y Wallace, 1992). Para la época seca, en invierno el aporte de humedad de la ITZC disminuye debido a su desplazamiento hacia latitudes del norte, aproximadamente en los 15°N (Gilford et al., 1992).

La temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial es caracterizada por el contraste zonal entre el Pacífico occidental con la piscina de aguas cálidas y en el Pacífico oriental con la piscina de aguas frías. El gradiente de presión atmosférico sobre el pacífico occidental en Darwin (12° S, 131°E) muestra un sistema de baja presión, mientras que sobre Tahití (18° S, 150°W) predomina un sistema de alta presión que condiciona la circulación del aire de este a oeste en niveles bajos (vientos alisios) de la atmósfera, promoviendo el movimiento ascendente en el Pacífico occidental y movimiento descendente en el este (ver figura 3 y 4). Bjerknes (1969) llamó a este sistema “circulación de Walker”. Por otro lado, en el océano Pacífico ecuatorial existe un gradiente vertical de temperatura, denominada termoclina, que separa las agua superficiales que son bastante frías de la mayor parte del océano, se suele identificar con la isoterma de 20°C a una profundidad de 200 m en el Pacífico occidental y a 50m de profundidad en el Pacífico oriental. Asimismo, la altitud del mar es aproximadamente 50 cm más alta en el Pacífico occidental que en la oriental (Dijkstra, 2006).

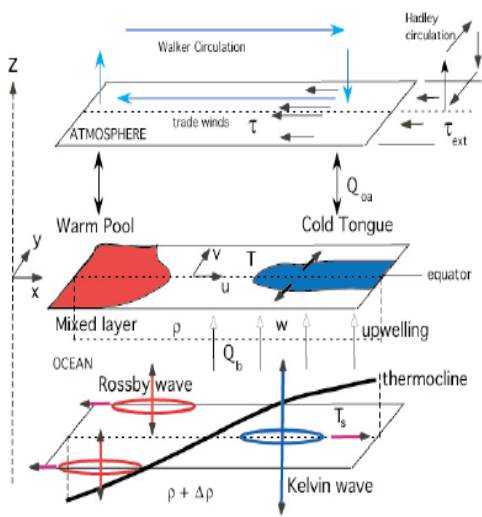


Figura 3: Acoplamiento de los procesos oceánicos – atmosféricos en el Pacífico Ecuatorial en condiciones normales

FUENTE: Dijkstra, 2006

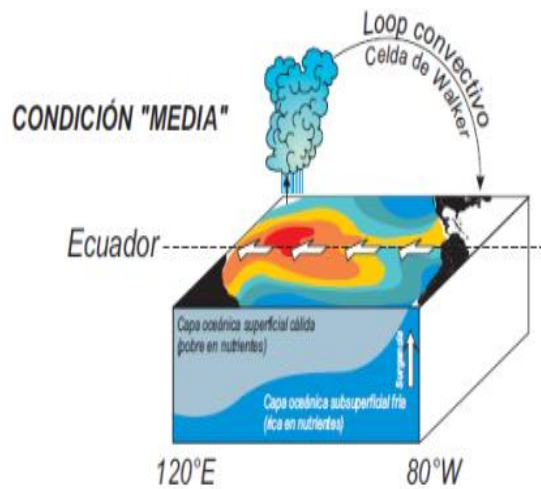


Figura 4: Condiciones normales en el Pacífico Ecuatorial

FUENTE: Maturana et al., 2004.

En condiciones “El Niño”, la fase cálida del ENSO, los patrones oceánicos – atmosféricos se alteran, la ITCZ se intensifica sobre el Pacífico oriental aportando humedad significativa para la convección sobre la costa peruana y la cuenca amazónica (Marengo, 2009). La temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial central presenta anomalías positivas (calentamiento) y la zona de ascenso de la celda de Walker se desplazan hacia el este, con claros efectos sobre la costa del Pacífico, a diferencia de los escasos efectos sobre la región andina debido a la alta variabilidad del régimen pluviométrico.

Los vientos alisios del sureste se debilitan en el Pacífico ecuatorial, debido al desplazamiento del sistema de baja presión, normalmente situada en Indonesia, hacia el Pacífico oriental (Ramage, 1975). Cuando esta amplitud y/o la dirección del viento cambia, presenciamos la dinámica de las ondas en el océano a lo largo del Pacífico ecuatorial; el impacto dependerá de la rapidez relativa de la Onda Kelvin hacia el Pacífico oriental y la lentitud de desplazamiento de la Onda Rossby hacia el Pacífico occidental. Al arribar la Onda Kelvin en las costas orientales, en tres meses aproximadamente, contribuye a las señales de reflejo de las ondas Rossby, en nueve meses aproximadamente (Dijkstra, 2006). Generalmente cuando la onda

Kelvin llega al Pacífico oriental, continúa su desplazamiento sobre la costa peruana, Mosquera (2014) menciona que de arribar una onda del tipo cálida, puede advechar la masa de agua cálida hacia el sur y provocar el hundimiento de la termoclina, con repercusiones en el sector pesquero debido a un menor afloramiento costero (ver figura 5a). Sobre el litoral costero, las pérdidas económicas y humanas asociadas a este sistema acoplado, tiende a presentarse en los meses de verano, con la intensificación de la actividad convectiva. Respecto al nivel del mar en el Pacífico oriental, suele presentarse un incremento, por ejemplo “El Niño 1972” presentó un incremento de 20 cm más de lo normal (Wyrcki, 1975a).

En condiciones “La Niña”, fase fría del ENSO, viene a ser un fenómeno opuesto a “El Niño”. Se caracteriza por presentar un enfriamiento significativo de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial y cambios en la dirección y velocidad de los vientos, en consecuencia de las variaciones de la presión atmosférica. En este caso, se intensifican los flujos del aire de este a oeste, que suelen presentarse en condiciones neutrales. Condicionada por la presencia de mayor presión de superficie sobre Tahití en el Pacífico central y una menor presión de superficie sobre Australia (Pacífico oriental), genera un mayor gradiente de presión de este a oeste a lo largo del Pacífico ecuatorial. Sobre el Pacífico occidental se favorece el incremento de la temperatura del mar incentivando una mayor actividad convectiva y mayores cantidades de lluvia que se dan en condiciones normales. Por otro lado, en el Pacífico oriental disminuye la temperatura del mar, la termoclina es menos profunda y se incentiva un mayor afloramiento costero (ver figura 5b).

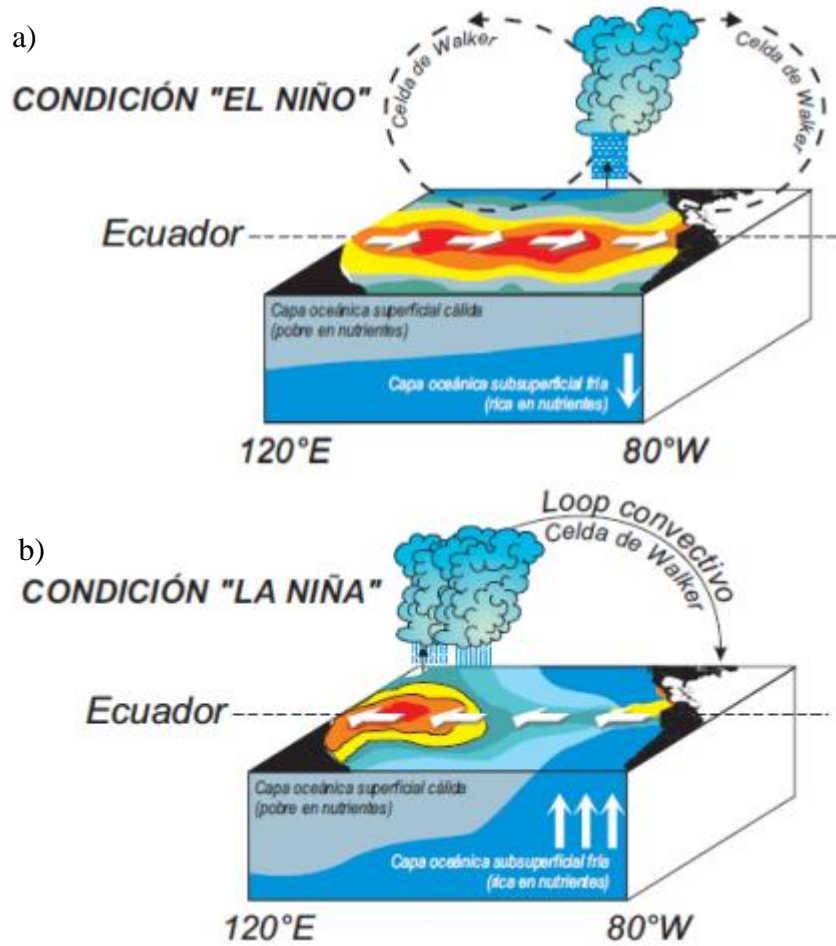


Figura 5: Esquema de las condiciones océano – atmosféricas en a) la fase cálida del ENSO: El Niño y la fase b) fría del ENSO: La Niña en el Pacífico Ecuatorial.

FUENTE: Maturana et al., 2004.

2.3. TELECONEXIONES

El término “teleconexiones” está definida por la Sociedad Americana de Meteorología (AMS, 2012) como un vínculo de los cambios del clima que ocurren entre regiones muy distantes del globo. Es decir, existe una correlación positiva o negativa significativa en las fluctuaciones de un campo, aplicado generalmente a la variabilidad mensual o a escalas de tiempo más largo, señalando que tales correlaciones sugieren que la información se propaga entre los puntos o regiones distantes a través de la atmósfera.

Así mismo, otra definición de “teleconexión”, se basa en la relación estadística entre el clima de diferentes partes del mundo. Específicamente, se refiere a los patrones de teleconexión que son recurrentes y persistentes a las señales de gran escala y a las anomalías de la circulación que se extienden por la amplia geografía (a escala planetaria superior a 10.000 km) (COMET, 2002).

Teleconexiones atmosféricas

La alteración del clima global producto del ENSO se extiende hacia latitudes fuera de la línea ecuatorial debido a la rotación de la tierra, además de pulsos que generan ondas cuasi-estacionarias que repercuten en la circulación extratropical (Rasmusson y Wallace, 1983), las cuales se dan a través de teleconexiones. Trenberth et al. (1998) menciona que la anomalía de la TSM asociado con el ciclo del ENSO influye en los procesos convectivos y modifica la circulación atmosférica, afectando a los patrones de variabilidad del clima en todo el mundo. Estas teleconexiones atmosféricas pueden ser fuertemente influenciadas por el comportamiento de la TSM en la región ecuatorial. La atmósfera tiende a ser más sensible a las anomalías de la TSM en la región de la piscina de agua caliente (Pacífico occidental), donde la superficie está caliente y la convección atmosférica es la más activa; y menos sensible a la anomalía de la TSM de la región de la denominada lengua fría del Pacífico oriental. Sin embargo, las anomalías fuertes en el Pacífico Oriental, aunada a la sensibilidad atmosférica y la amplitud de las mismas conlleva al Pacífico central ecuatorial un papel clave en los efectos remotos (Barsugli y Sardeshmukh, 2002).

Ante los avances científicos del conocimientos que se dan a nivel global sobre las teleconexiones, se han realizado enormes progresos en la predicción estacional, lo que permite la estimación de las anomalías climáticas para varios meses posteriores, con importantes implicaciones o utilidades para la agricultura y la economía. Poniendo en evidencia que las teleconexiones son de mucha utilidad como herramienta predictiva (Kucharski et al., 2010).

Impactos de El Niño y La Niña en el clima

La ocurrencia de un ciclo irregular de calentamiento y enfriamiento del Pacífico Central y Oriental Tropical provoca efectos en la atmósfera y en el océano, el cual es conocido como El Niño – Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés). La fase fría del ENSO es asociada a “La Niña” y la fase cálida se asocia a “El Niño”. Ambos fenómenos son parte de la variabilidad climática global, que condicionan el comportamiento interanual del régimen pluviométrico y de las temperaturas del aire. Los impactos de las condiciones El Niño repercute principalmente si se desarrolla durante los meses de verano (época lluviosa), afectando al incremento de la temperatura del aire en el litoral costero y la intensificación de las lluvias en la costa norte de Perú, donde climáticamente las lluvias son escasas debido a que posee un clima desértico y árido (ver figura 6a). Localmente en las zonas montañosas los efectos no son robustos, pero se ha presentado una combinación de exceso pluviométrico y sequías, que condujeron a deslizamientos de tierra, daños a los cultivos y la interrupción del transporte (Orlove et al., 2004). De presentarse las condiciones El Niño durante la época invernal, los efectos se reflejan únicamente en el incremento de la temperatura del aire en la franja costera de Perú y Chile, mientras que en el Pacífico occidental, en el continente Australiano tiende a presentar temperaturas del aire más frías de lo normal y lluvias deficientes (condiciones secas) (ver figura 6b).

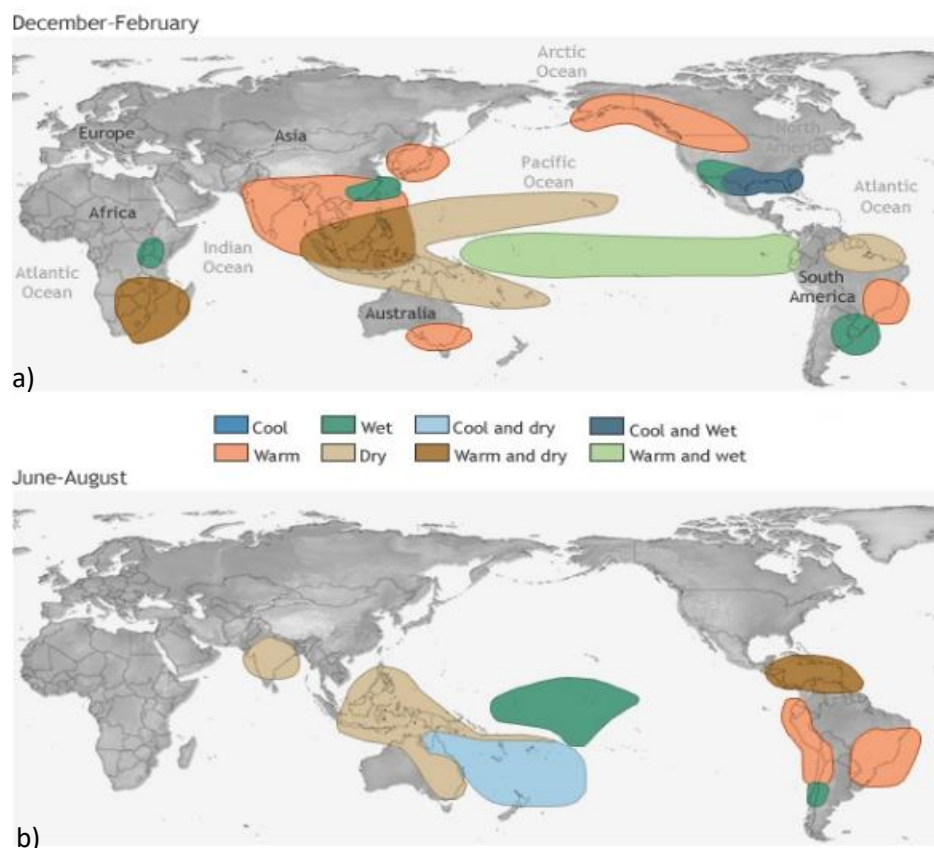


Figura 6: Impactos de El Niño en el clima para el periodo a) Diciembre- Febrero y para b) el periodo Junio - Agosto

FUENTE: PMEL NOAA.

Los impactos de La Niña también dependerán de la época en la que se manifieste; durante la estación invernal el Perú se encuentra en la época de estiaje (disminución o ausencia de lluvias), por lo que “La Niña” afecta con la disminución de la temperatura del aire principalmente en la costa peruana y de Chile (ver figura 7b). Para el verano (temporada de lluvias), los efectos se reflejan en la deficiencia de las lluvias en la zona norte y de manera puntual se presenta algunas señales climáticas en la zona sur del país con la ocurrencia de lluvias sobre lo normal (ver figura 7a). En este contexto, se explicaron diferentes efectos debido a impactos locales y remotos a través de teleconexiones atmosféricas.

En la figura 6 y 7 se muestran los impactos por efectos remotos, realizado por Centros Internacionales que monitorean el ENSO partiendo de índices en el Pacífico central, como

ONI (Oceanic Niño index), MEI (Multivariate El Niño index), SOI (Southern Oscillation index), entre otros. Sin embargo, para efectos locales, además de monitorear los índices del Pacífico central, se requiere de índices para estos fines. En ese sentido, el Comité Multisectorial Encargado del Fenómeno El Niño (ENFEN) oficializó el ICEN (Índice Costero El Niño), el cual considera “condiciones frías” y “condiciones cálidas”, cuando persiste el índice inferior a $-1,0^{\circ}\text{C}$ y superior a $+0,4^{\circ}\text{C}$ durante al menos tres meses consecutivos, respectivamente.

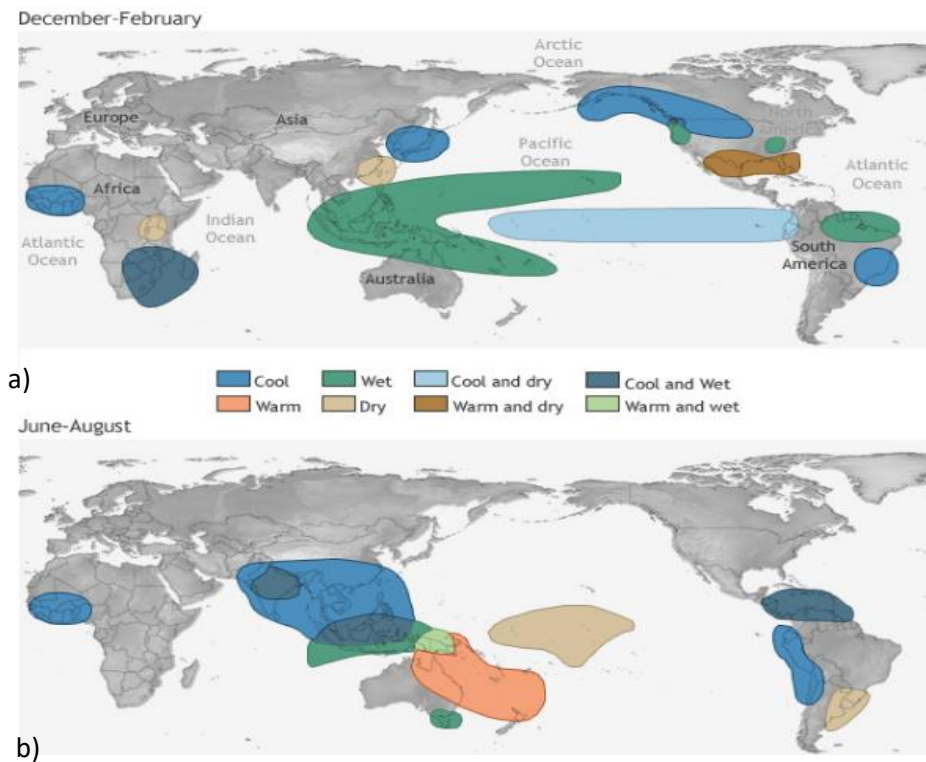


Figura 7: Impactos de La Niña en el clima para el periodo a) Diciembre- Febrero y para b) el periodo Junio - Agosto.

FUENTE: PMEL NOAA.

Los efectos de El Niño y La Niña en diferentes partes del mundo muestran que las señales climáticas en zonas ubicadas geográficamente alejadas, se les denomina “Teleconexiones Climáticas”.

2.3.1. ÍNDICE OCEÁNICO EL NIÑO (ONI)

Para un mayor entendimiento y definición oficial de El Niño y La Niña, los científicos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, EEUU) consensuaron y definieron el índice operacional ONI para la determinación de El Niño y La Niña, las cuales conforman las fases del ciclo del ENSO, sustentando que las anomalías de la TMS en la región 3.4 (5°N - 5°S, 120° - 170°W) tienen una mayor importancia en la determinación de los principales cambios en el patrón de las lluvias tropicales, las cuales influyen en la corriente en chorro y en los regímenes de la temperatura y lluvia en todo el mundo.

Este índice es calculado a partir de la media móvil de 3 meses consecutivos de la serie mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar medidas en el Pacífico Tropical, específicamente en la región El Niño 3.4, las cuales se encuentran disponibles en la web del Centro de Predicción Climática de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (CPC-NOAA).

La NOAA (2003) indica que es necesario la persistencia de al menos cinco meses consecutivos para clasificar a los meses con episodios cálidos ($\geq +0.5$ °C), fríos (≤ -0.5 °C) o neutrales. El ONI es un índice utilizado para la asociación de condiciones Niño (episodios cálidos) y Niña (episodios fríos). En el Anexo 1, se muestra de color azul al periodo que presenta eventos fríos y de color rojo a la ocurrencia de eventos cálidos, en base a los umbrales que este índice presenta en la tabla 2.

Tabla 2: Umbrales para identificar la magnitud de El Niño/La Niña, según la NOAA en la región del Pacífico tropical Niño 3.4.

| Categoría | Índice Oceánico El Niño (ONI) |
|------------------------|---------------------------------|
| Cálido fuerte | Mayor o igual a +1,4 |
| Cálido moderado | Mayor que +0,9 y menor que +1,4 |
| Cálido débil | Mayor que +0,5 y menor que +1,0 |
| Neutro | Mayor que -0,5 y menor que +0,5 |
| Frío débil | Menor que -0,5 y menor que -0,9 |
| Frío moderado | Menor que -1,0 y menor que -1,5 |
| Frío fuerte | Menor o igual que -1,5 |

FUENTE: SENAMHI, 2014.

2.3.2. ÍNDICE COSTERO EL NIÑO (ICEN)

Para el monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño, los centros internacionales suelen utilizar índices que comprenden a la región El Niño 3.4; sin embargo, el Perú es uno de los pocos países que necesita al menos dos índices para monitorear El Niño debido a que también posee efectos locales sobre todo en la costa peruana y sudamericana. Por ello, El Comité Nacional Multisectorial encargado del Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN) consensuó sobre el establecimiento de un índice relevante para el clima en la costa peruana, que fuera de uso operativo y confiable. Lo denominaron Índice Costero El Niño (ICEN), el cual comprende a la TSM de la región Niño 1+2 (90°W-80°W, 10°S-0°).

Este índice mensual se basa en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2. La fuente de datos para este índice son las TSM absolutas del producto ERSST v3b de la NOAA (EEUU) para la región Niño 1+2. Sin embargo, la NOAA planea discontinuar esa versión y actualizar el producto

ERSST a una versión 4; el comité decidió continuar con el cálculo del ICEN con los datos de la versión 3 mientras sigan disponibles, pero se utilizarán los datos ERSST v4 “ajustados” de manera que no se afecten los umbrales propuestos inicialmente (Takahashi y Reupo, 2015).

El ENFEN manifiesta que se denomina “Evento El Niño en la región costera de Perú” al periodo en el cual el ICEN indique “condiciones cálidas” ($> 0.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que el “Evento La Niña en la región costera del Perú” tiene que indicar “condiciones frías” ($< -1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$); ambos durante al menos tres meses consecutivos.

La categoría del evento será de acuerdo a los rangos que se muestran en la tabla 3 (ENFEN, 2012).

Tabla 3: Categorías y magnitudes de un evento El Niño acorde al Índice Costero El Niño (ICEN).

| Categorías | Valor mensual del ICEN |
|-----------------------|--|
| Fría Fuerte | Menor que -1.4 |
| Fría Moderada | Mayor o igual que -1.4 y menor que -1.2 |
| Fría Débil | Mayor o igual que -1.2 y menor que -1.0 |
| Neutras | Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4 |
| Cálida Débil | Mayor que 0.4 y menor o igual que 1.0 |
| Cálida Moderada | Mayor que 1.0 y menor o igual que 1.7 |
| Cálida Fuerte | Mayor que 1.7 y menor o igual que 3.0 |
| Cálida Extraordinaria | Mayor que 3.0 |

FUENTE: ENFEN, 2012.

De acuerdo a los valores del ICEN, para el periodo 1950-2011 se clasificaron los eventos El Niño y a Niña en la costa peruana (ver Anexo 2 y 3). Los años que se tuvieron eventos El Niño de magnitud extraordinario repercutieron con importantes impactos, siendo los ocurridos en 1982-83 y 1997-98, con periodos de duración de 17 y 19 meses, respectivamente. Después del último Niño Extraordinario que tuvimos ocurrieron Niños de magnitud débil, a excepción de los años 2006 y de los recientes 2015-16 y 2017 con magnitudes moderadas. Respecto a La Niña costera, en los últimos veinte años la ocurrencia del evento de mayor intensidad ocurrió

en el año 2007, alcanzando una magnitud fuerte, siguiendo el año 2013 aunque con una magnitud moderada.

2.4. VARIABILIDAD CLIMATICA DE LA LLUVIA EN EL PERÚ Y SU RELACIÓN CON EL FENÓMENO EL NIÑO

A nivel nacional, la costa peruana se caracteriza por ser árida con escasa o nula ocurrencia de lluvias, a excepción de años “El Niño”, donde se presentan lluvias significativas en la costa norte. Por otro lado, la región andina y amazónica suele presentar lluvias importantes en la temporada lluviosa durante los meses de primavera y verano, respondiendo a su climatología anual en años neutrales, sin embargo ante la ocurrencia de “El Niño” se altera el comportamiento de las lluvias, e incrementa la incertidumbre de las previsiones pluviométricas. Es por ello, que las fases del ENSO es considerado el modo predominante de la variabilidad pluviométrica a nivel interanual, porque explica en gran parte el comportamiento de las lluvias en el Perú, sin embargo, para la zona andina Lavado y Espinoza (2014) sugieren que pueden existir otros factores climáticos (no necesariamente con teleconexiones del océano pacífico ecuatorial) que puede explicar en su totalidad la variabilidad de las lluvias a nivel local o regional.

El estudio de Lagos et al. (2008), mencionan de manera general el conocimiento de la variabilidad interanual de las lluvias en el Perú, para ello analizaron la relación de la lluvia mensual observada y El Niño en el Perú usando índices de la TSM para las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 para el periodo de 1950 - 2002, a través de la técnica estadística de correlación lineal de Pearson. Los resultados obtenidos de este estudio se muestra e la figura 8 y 9, con exceso de la lluvia en la costa norte responde al calentamiento de la región Niño 1+2 y Niño 3.4 de noviembre a marzo; mientras que, para la región andina norte se presenta correlación positiva débil, condiciones normales en la zona central y correlaciones moderadamente negativa en Puno particularmente en febrero. Las señales climáticas con el índice de la región Niño 4 son pequeñas a nivel nacional; para la región amazónica el comportamiento no es muy claro con ninguno de los otros 3 índices de la TSM del Pacífico ecuatorial.

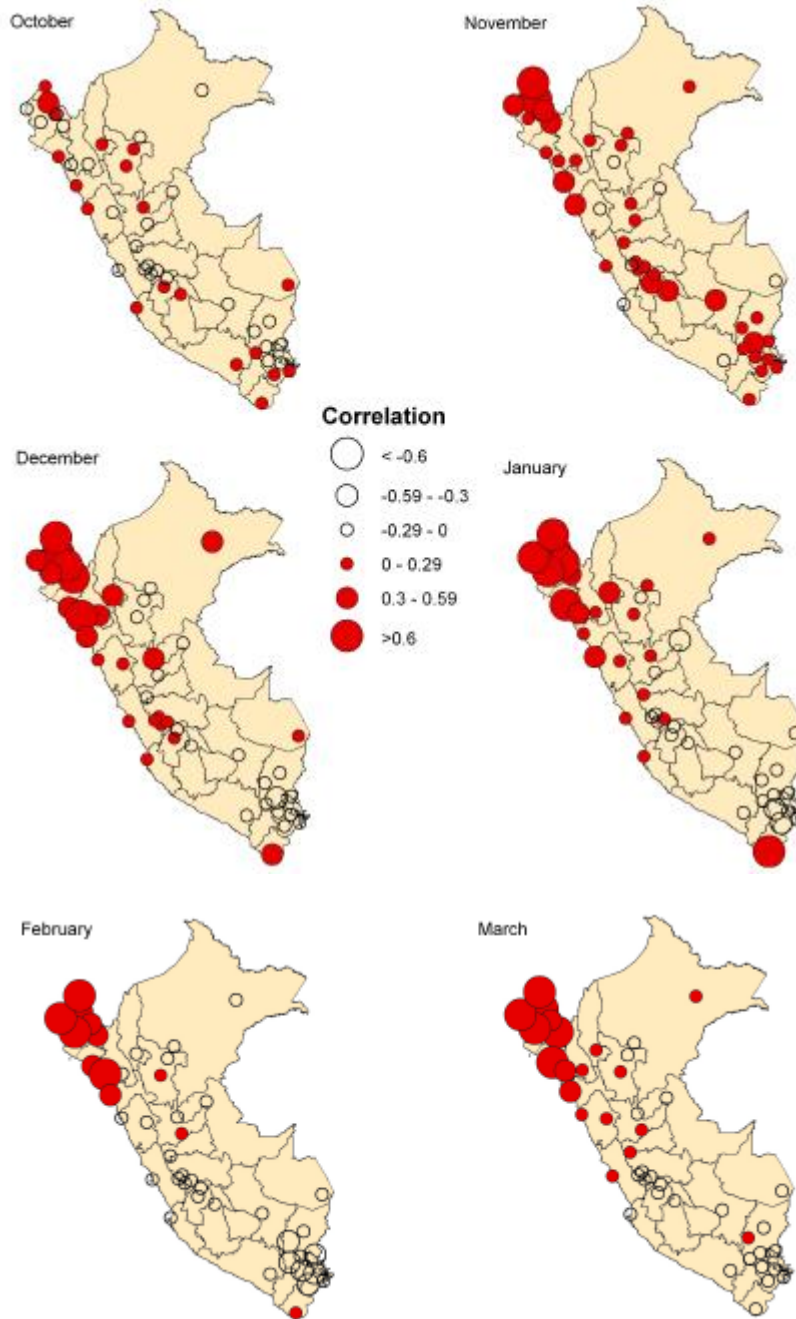


Figura 8: Correlación de anomalías entre la lluvia y la TSM de la región El Niño 1+2

FUENTE: Lagos et al., 2008.

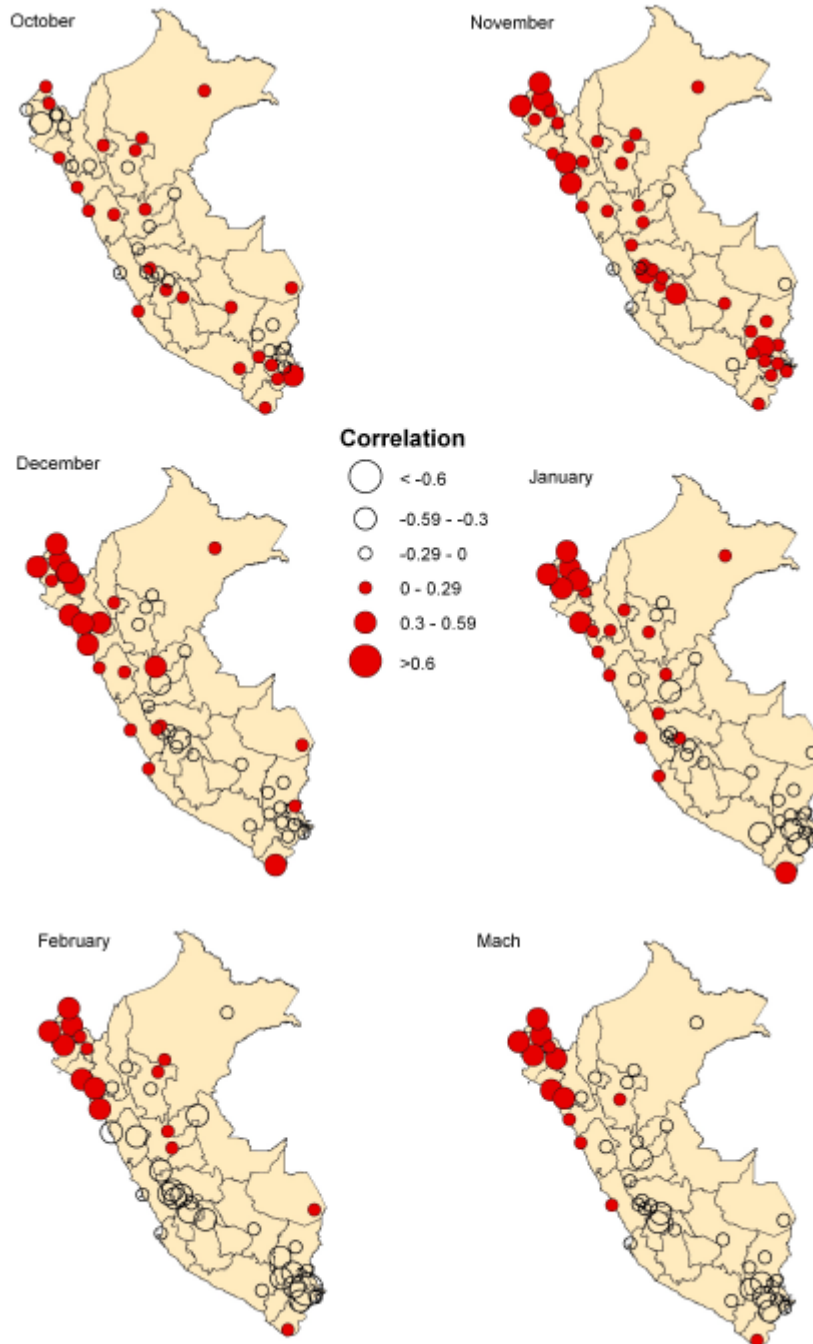


Figura 9: Correlación de anomalías entre la lluvia y la TSM de la región El Niño 3.4.

FUENTE: Lagos et al., 2008.

Existen diversos estudios que documentan para el norte de Perú la ocurrencia de inundaciones perjudiciales durante episodios El Niño como evidencia del impacto climático de este fenómeno alrededor de diciembre a mayo, producto de fuertes lluvias convectivas relacionados al incremento de la TSM en el océano Pacífico y debilitamiento de viento del sureste sobre Perú (Wyrski, 1975; Garreaud y Aceituno, 2001). Particularmente en la cuenca del río Chira en Piura, Horel y Cornejo (1986) encontraron que la fuerte convección es modulada por el ciclo diurno, siendo más frecuente durante la noche y primeras horas de la mañana, jugando un rol importante las brisas de mar y tierra.

Dada las claras respuestas de la costa peruana, Lavado y Espinoza (2014), pusieron interés en investigar señales climáticas más claras respecto a la variabilidad interanual de las lluvias para la sierra peruana. Utilizaron una red de estaciones más extensa a nivel espacial y correlacionaron las lluvias totales anuales con los índices oceánicos que sintetizan la variabilidad del Pacífico ecuatorial central (Índice C) y la del Pacífico ecuatorial oriental (Índice E) definidos por Takahashi et al. (2011). En la figura 10 se muestra los resultados obtenidos en esta investigación, con un incremento significativo de la lluvia a lo largo de la franja costera y en los andes occidentales norte asociado al calentamiento del Pacífico Este (figura 10a), mientras que el comportamiento de las lluvias tienden a ser deficientes (lluvias menores a lo normal) con el calentamiento del Pacífico central en la región andina, observándose en algunas estaciones meteorológicas en el oeste del altiplano y sierra oriental (figura 10b).



Figura 10: Correlaciones significativas al 95 por ciento entre las lluvias anuales y los valores medio anuales de a) índice E y b) índice C. Los triángulos hacia abajo representan correlaciones negativas y los signos “+” representan correlaciones positivas.

FUENTE: Lavado y Espinoza, 2014.

Particularmente para la cuenca del Mantaro, Silva et al. (2008) estudiaron con mayor profundidad la relación del ENSO y las lluvias, encontrando señal climática débil al inicio de la temporada lluviosa (setiembre – diciembre), pero relativamente mayores correlaciones para el mes de febrero. Por otro lado, obtuvieron correlaciones de -0.35 para el mes de octubre con el índice North Atlantic Oscillation (NAO), proporciona conocimientos para la previsión estacional para esta región.

Respecto a la selva, en los últimos años se ha encontrado que patrones de la TSM en el Atlántico tropical relaciona teleconexiones con las lluvias en la cuenca amazónica del Perú; siendo menos (más) abundante durante eventos El Niño (La Niña) cuando el gradiente de la TSM es positivo (negativo) en la zona tropical del Atlántico. Este modo climático está contribuyendo que la lluvia disminuya desde 1982 a una tasa de -0.32 por ciento impactando en la hidrología de la Amazonía (Espinoza et al, 2009; Lavado et al., 2012).

La región amazónica, además de los patrones de la TSM del Atlántico tropical, también responde a las teleconexiones del Pacífico central, por ello el estudio de Espinoza et al. (2011) menciona que se ha presentado cuatro sequías en los años 1995, 1998, 2005 y 2010 que produjeron caudales más bajos en los últimos cuarenta años en la cabecera de la cuenca. Un estudio reciente ante El Niño 2015-2016, muestra que el calentamiento del Pacífico oriental y central impactó con sequías de moderada a fuerte intensidad en un tercio de la selva amazónica; aunque fue menos severa que en los años 1982-83 y 1997-98, este Niño 2015-2016 abarcó mayor área de extensión, afectando hasta un 13 por ciento de los bosques tropicales, además de haber presentado la sensación térmica del aire más cálido del último siglo (Jiménez et al., 2016).

2.5. AGRICULTURA Y PRODUCCIÓN EN JUNÍN

Además de considerar las actividades económicas relacionada al Estado (educación, salud, infraestructura), uno de los principales motores de la economía de Junín es la agricultura (Indacochea et al., 2005). El Gobierno Regional de Junín (2015) encontró que la producción agropecuaria en el departamento de Junín está muy ligada a la agricultura, la cual representa el 98.3 por ciento; mientras que la producción pecuaria apenas el 1.7 por ciento. Cabe mencionar que en la región Junín predominan tierras para pastizales y cultivos forestales (zona andina y zona de selva); sin embargo, el valle del Mantaro al poseer un acceso privilegiado del recurso hídrico, tiene una mayor proporción de tierras aptas para el desarrollo de la actividad agrícola.

El estudio que realizó la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio ambiente, GRNGMA (2015), menciona que el área total de suelos del departamento de Junín alcanza a 4466029,37 hectáreas, los que son agrupados en: 4 por ciento de suelos para cultivo en limpio, 2 por ciento de suelos para cultivo permanente, 5 por ciento de suelos con aptitud forestal, 19 por ciento de suelos con pastos naturales, 68 por ciento de suelos de protección e improductivos y 1 por ciento de áreas consideradas en otros que incluye masas de agua y centros poblados (Tabla 4).

Tabla 4: Estructura agraria de las tierras en el departamento de Junín.

| COMPONENTES DE LA SUPERFICIE AGROPECUARIA | Superficie (ha) |
|---|-------------------|
| I. SUPERFICIE AGRÍCOLA | |
| 1.1 Tierras de labranza | |
| 1.1.1 Tierras con cultivos transitorios | 115314,22 |
| 1.1.2 Tierras en barbecho | 48750,85 |
| 1.1.3 En descanso | 30915,68 |
| 1.1.4 Tierras agrícolas no trabajadas | 42246,88 |
| 1.2 Tierras con cultivos permanentes | |
| 1.2.1 Frutales | 31658,00 |
| 1.2.2 Pastos cultivados | 29649,31 |
| 1.2.3 Cultivos forestales | 1044,23 |
| 1.3 Cultivos asociados | 32279,45 |
| II. SUPERFICIE NO AGRÍCOLA | |
| 2.1 Pastos naturales | |
| 2.1.1 Manejados | 122325,63 |
| 2.1.2 No manejados | 981974,42 |
| 2.2 Montes y bosques | 741467,85 |
| 2.3 Otra clase de tierras | 112142,00 |
| III. SUPERFICIE AGROPECUARIA | 2423790,27 |
| 3.1 Número de unidades agropecuarias | 135849,00 |
| 3.2 Parcelas | 132063,00 |

FUENTE: INEI, 2012. Elaboración propia.

De los eventos de tipo hidrometeorológicos, en la década de 1980 los años más significativos fueron 1982 y 1983, en los cuales se desarrolló el evento El Niño, se registraron pérdidas por lluvias e inundaciones en el departamento de Junín de un 7 por ciento del total de eventos, mientras que en la década del 90 presentó pérdidas del 12 por ciento (PREDECAN, 2008). Por otro lado, en el 2011 Junín fue uno de los departamentos afectados por la sequía con consecuencias en la pérdida de cultivos, mortandad pecuario, proliferación de plagas y enfermedades, así como a las poblaciones urbanas y la producción eléctrica (ANA, 2011).

Entre los principales cultivos en la región Junín se destaca la producción de papa, maíz (choclo y amiláceo), zanahoria, arveja, habas, entre otros en la zona sierra, mientras que la zona ceja de selva y selva se caracteriza por la producción de piña, naranja, yuca, café, entre otros (BCR, 2015).

2.6. CULTIVO DE PAPA

Constituye uno de los principales cultivos de la zona altoandina de Junín, posicionándose como el tercer productor nacional con 416,9 mil toneladas producidas (10,2 por ciento del total nacional), después de Puno y Huánuco (BCR, 2015). Por su ubicación estratégica y formar parte de una de las cuencas más importantes del país, el Mantaro, destina al mercado capital el 40 por ciento de la producción de papa explicando la importancia socioeconómica y la contribución de este cultivo a la seguridad alimentaria a los que abastece y de la propia región (Indacochea et al., 2005).

La tabla 5, muestra la cantidad de producción, superficie cosechada y rendimiento del cultivo de papa durante las campañas agrícolas 1997 – 2010 a nivel del valle del Mantaro, regional y nacional. La superficie cosechada en el valle ocupa el 40 por ciento a nivel regional y el rendimiento en el valle como a nivel regional es similar, alcanzando 13,35 kg/ha y 14.95 kg/ha, respectivamente.

Tabla 5: Producción, superficie cultivada y rendimiento del cultivo de papa en el valle del Mantaro.

| PERIODO | VALLE DEL MANTARO | | | REGIONAL | | | NACIONAL | | |
|-----------|-------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | Producción (t) | Sup. Cos. (ha) | Rend. (kg/ha) | Producción (t) | Sup. Cos. (ha) | Rend. (kg/ha) | Producción (t) | Sup. Cos. (ha) | Rend. (kg/ha) |
| 1997-2010 | 124400.6 | 9318.40 | 13.35 | 345874.2 | 23135.40 | 14.95 | 3178584.5 | 266211.4 | 11.94 |

FUENTE: SENAMHI, 2011.

2.6.1. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

Los requerimientos climáticos, parámetros edáficos (textura, profundidad efectiva, drenaje, pH y materia orgánica del suelo) y requerimientos fisiográficos (altitud y pendiente) de los cultivos juegan un rol importante en el crecimiento y desarrollo óptimo de la planta. A partir de estudios realizados por SENAMHI (2013), a través de encuestas y entrevistas a productores y técnicos agrarios de Junín (cuenca de Shullcas) y fuente bibliográfica, se establecieron umbrales óptimos para las variedades de papa moderna (mejorada) y nativa (Egúsquiza, 2014).

En la tabla 6, se resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos de la papa mejorada. Para un desarrollo óptimo requiere un umbral de temperatura del aire entre 17°C a 25°C en su etapa de germinación, de 15°C a 25°C en su etapa de crecimiento y que oscile entre 14°C a 20°C para su tuberización. De superar una temperatura del aire de 28°C en la tuberización provocaría la inhibición de ésta generando la ausencia de tubérculos y engrosamiento de los estolones (Christiansen, 1967). Por lo que, es más favorable días cortos (entre 10 a 12 horas-luz/día) y temperaturas nocturnas bajas (14°C) (Van Dam et al., 1996). La lluvia requerida para el desarrollo de las etapas fenológicas de la planta debe comprender entre 400 a 800 mm durante la campaña agrícola, distribuyéndose en todo el ciclo vegetativo, siendo indispensable durante y después de la floración debido a que ello determina el número, peso y cantidad de materia seca en los tubérculos (López et al., 1980). En cuanto a los requerimientos edáficos y fisiográficos, la papa blanca se adapta en varios pisos altitudinales (2700 a 3700 m) siendo limitado por terrenos compactos o pedregosos, además de desarrollarse mejor en suelos de textura media (franco, franco limoso) a moderadamente gruesa (franco arenoso).

Tabla 6: Requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos del cultivo de papa mejorada en la sierra andina.

| I. Requerimientos Agroclimáticos | | | | | Fuentes bibliográficas |
|--|---|-------------------------|--------|--------------------|---|
| 1. Requerimientos térmicos | Umbral Mínimo (°C) | Temperatura óptima (°C) | | Umbral Máximo (°C) | |
| | | Mínimo | Máximo | | |
| a. Germinación | 5 | 17 | 25 | 30 | Borah y Milthorpe, 1959; Christiansen, 1967; López et al., 1980; Montaldo, 1984; Smith, 1977; Ezeta, 1986; Huerta, 1987; Cortbaoui, 1988; Midmore, 1988; CIREN, 1989; Pumisacho y Sherwood, 2002; Cepeda y Gallegos, 2003; Molina et al., 2004; Aldabe y Doglioti, 2006; Mendoza, 2007. |
| b. Crecimiento | 6 | 15 | 25 | 30 | |
| c. Tuberización | 6 | 14 | 20 | 28 | |
| 2. Requerimientos Hídricos | Umbral Mínimo (mm) | Lluvia óptima (mm) | | Umbral Máximo (mm) | Fuentes bibliográficas |
| | | Mínimo | Máximo | | |
| | 200 | 400 | 800 | 1200 | Christiansen, 1967; López et al., 1980; Ekanayaque, 1994; Cepeda y Gallegos, 2003. |
| 3. Requerimientos de humedad relativa | Humedad relativa óptima (%) | | | | Fuentes bibliográficas |
| | Mínimo | | Máximo | | |
| | 60 | | 80 | | López et al., 1980; Mendoza, 2007. |
| 4. Requerimientos de fotoperiodo | Fotoperiodo óptimo (horas-luz/día) | | | | Fuentes bibliográficas |
| | Mínimo | | Máximo | | |
| | 10 | | 12 | | Egúsqiza, 2000; Herrera, 2000; Mendoza, 2007. |
| II. Requerimientos Edáficos | | | | | Fuentes bibliográficas |
| 1. Propiedades físicas | Clase (s) óptimas (s) | | | | |
| a. Textura | Franco arenoso, Franco y Franco limoso | | | | Christiansen, 1967; Huerta, 1987; Molina et al., 2004; Mendoza, 2007. |
| b. Profundidad efectiva | Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm) | | | | |
| c. Drenaje | Bueno | | | | |
| 2. Propiedades químicas | Clase (s) óptimas (s) | | | | Fuentes bibliográficas |
| a. pH | Moderadamente ácido (5, 6-6) y Ligeramente ácido (6, 1-6,5) | | | | |
| b. Materia orgánica | Alto (>=4%) | | | | López et al., 1980; Misti, 2001; Molina et al., 2004; Mendoza, 2007. |
| III. Requerimientos Fisiográficos | | | | | Fuentes bibliográficas |
| 1. Altitud | Rango óptimo (m) | | | | |
| | Mínimo | | Máximo | | |
| | 2700 | | 3700 | | López et al., 1980; Alcalde et al., 1990; Egúsqiza, 2000; Ochoa, 2001; Tapia y Fries, 2007. |
| 2. Pendiente | Rango óptimo (%) | | | | Fuentes bibliográficas |
| | Mínimo | | Máximo | | |
| | 0 | | 8 | | Salinas, 2010; Torres, 2011. |

FUENTE: SENAMHI, 2013.

La tabla 7 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos de la papa nativa. Las variedades de papa nativas suelen adaptarse a climas muy fríos y secos, lo cual les permite tolerar y ser resistentes a heladas y sequías. Para el desarrollo óptimo de la papa nativa amarga se requiere un umbral de temperatura entre los 6 °C a 14 °C, mientras que la papa nativa dulce necesita de 8 °C a 16 °C. La lluvia requerida para el desarrollo de las etapas fenológicas de la planta debe comprender entre los 400 mm a 1400 mm. Los descensos de la temperatura mínima inferiores a 4 °C determinan su temperatura crítica mínima. En cuanto a los requerimientos edáficos y fisiográficos, la papa nativa dulce y amarga se adapta a mayores altitudes y topografía más accidentada que la papa blanca, comprendiendo entre los 3000 a 4200 m y entre los 3800 a 4200 m, respectivamente. La papa nativa dulce y amarga requiere de suelos con altos contenidos de materia orgánica, un amplio rango de acidez y suelos de textura franco arcilloso y franco arcillo - limoso.

Tabla 7: Requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos para las variedades de papa nativa dulce y amarga en la sierra andina.

| I. Requerimientos Agroclimáticos | | | | | Fuentes bibliográficas |
|---|--|-------------------------|--------|--------------------|---|
| 1. Requerimientos térmicos | Umbral Mínimo (°C) | Temperatura óptima (°C) | | Umbral Máximo (°C) | |
| | | Mínimo | Máximo | | |
| a. Papa nativa dulce | 4 | 8 | 16 | 20 | Salinas, 2010; Torres, 2011. |
| b. Papa nativa amarga | 4 | 6 | 14 | 20 | Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010. |
| 2. Requerimientos Hídricos | Umbral Mínimo (mm) | Lluvia óptima (mm) | | Umbral Máximo (mm) | Fuentes bibliográficas |
| | | Mínimo | Máximo | | |
| | | 400 | 1400 | | Arbizu y Tapia, 1992 |
| 3. Requerimientos de fotoperiodo | Fotoperiodo óptimo (horas-luz/día) | | | | Fuentes bibliográficas |
| | Mínimo | | Máximo | | |
| | 10 | | 16 | | Amaras, 1979; López et al., 1980. |
| II. Requerimientos Edáficos | | | | | Fuentes bibliográficas |
| 1. Propiedades físicas | Clase (s) óptimas (s) | | | | |
| a. Textura | Franco arcilloso, Franco arcillo limoso | | | | Canahua, 1998; Llacsá, 2008; Salinas, 2010. |
| b. Drenaje | Bueno | | | | Llacsá, 2008; Salinas, 2010. |
| 2. Propiedades químicas | Clase (s) óptimas (s) | | | | Fuentes bibliográficas |
| a. pH | Fuertemente ácido (5,1 -5,5), Moderadamente ácido (5,6-6) y Ligeramente ácido (6, 1-6,5) | | | | Cepeda y Gallegos, 2003; Salinas, 2010. |
| b. Profundidad efectiva | Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm) | | | | López et al., 1980; Salinas, 2010. |
| c. Materia orgánica | Alto (>=4%) | | | | Alcalde et al., 1990; Arbizu y Tapia, 1992; Llacsá, 2008. |

Continuación

| III. Requerimientos Fisiográficos | | | Fuentes bibliográficas |
|--|------------------|--------|---|
| 1. Altitud | Rango óptimo (m) | | |
| | Mínimo | Máximo | |
| a. Papa nativa dulce | 3000 | 4200 | Egúsqüiza, 2000; Tapia y Fries, 2007; Sedano, 2008. |
| b. Papa nativa amarga | 3800 | 4200 | Alcalde et al, 1990; Huanco, 1991; Egúsqüiza, 2000; Tapia y Fries, 2007 |
| 2. Pendiente | Rango óptimo (%) | | FUENTES bibliográficas |
| | Mínimo | Máximo | |
| | 15 | 50 | Salinas, 2010; Torres, 2011. |

FUENTE: SENAMHI, 2013.

2.6.2. FENOLOGÍA

El comportamiento fenológico de la papa en Junín se basa a partir de la fuente bibliográfica que realizó el SENAMHI para la cuenca de Shullcas, a través de encuestas y entrevistas a productores y técnicos agrarios. La duración promedio y descripción de las fases fenológicas para el cultivo de papa se presentan en la tabla 8, donde se observa que las etapas fenológicas varían según las variedades de papa sembrada.

La etapa vegetativa comprende desde la siembra hasta la aparición de los primeros botones florales, comprendiendo la sub etapa emergencia – botón floral donde aparecen los tallos, hojas, raíces y estolones. El tiempo promedio de duración de la etapa vegetativa se encuentra entre 60 a 70 días en variedades precoces (única, revolución, chaucha, capiro, amarilla del centro), entre 75 a 90 días en variedades semitardías (tomasa, condemayta, perricholi, canchán, mariva, amarilla tumbay) y entre 95 a 105 días en variedades tardías (huamantanga, yungay, huayro, peruanita, shiri, piñaza, camotillo, muruhuayro). Para la etapa reproductiva, los botones florales se desarrollan completamente, iniciando el engrosamiento de los estolones y acumulación de reservas de los tubérculos; en promedio dura entre 20 a 25 días en papa precoces, de 25 a 30 días en papa semitardías y entre 40 a 45 días en papa tardías. La etapa de maduración, comprenden las sub etapas de floración y maduración, con un tiempo promedio de 20 a 25 días en papas precoces, 30 a 40 días en papas semitardías y de 45 a 50 días en papas tardías; el proceso de floración ocurre entre los meses de noviembre a abril y la etapa de maduración entre la quincena de diciembre y quincena de junio (Tabla 9), respondiendo a la


fecha de siembra y cosecha determinada por la época de ocurrencia de la temporada lluviosa, lo cual caracteriza a su agricultura de secano.

Tabla 8: Duración de las etapas fenológicas del cultivo de papa en la subcuenca de Shullcas, Junín.

| Etapas | Sub etapas | | Variedades de papa | | | Fuentes de información |
|--------------------|--------------|--------------|--------------------|------------|---------|---|
| | | | Precoz | Semitardío | Tardío | |
| | Inicio | Fin | Duración (días) | | | |
| Vegetativa | Siembra | Emergencia | 15-20 | 20-25 | 25-30 | Entrevista a profesionales y técnicos agropecuarios de instituciones públicas, así como a productores líderes en setiembre 2010 |
| | Emergencia | Botón floral | 45-50 | 55-65 | 70-75 | |
| Reproductiva | Botón floral | Flor | 20-25 | 25-30 | 40-45 | |
| Maduración | Flor | Maduración | 20-25 | 30-40 | 45-50 | |
| Periodo vegetativo | | | 100-120 | 130-160 | 180-200 | |

FUENTE: SENAMHI, 2013.

Tabla 9: Comportamiento fenológico del cultivo de papa durante la campaña agrícola en la subcuenca de Shullcas, Junín.

| Fenología del cultivo de papa |  | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | |
| Siembra - Emergencia | | | | | | | | | | | | |
| Vegetativa | | | | | | | | | | | | |
| Reproductiva | | | | | | | | | | | | |
| Maduración | | | | | | | | | | | | |
| Cosecha | | | | | | | | | | | | |

FUENTE: SENAMHI, 2013.

2.6.3. CALENDARIO AGRÍCOLA

El calendario agrícola es una herramienta de información que se utiliza para la planificación de las actividades agrícolas en base al conocimiento el período de inicio y fin de las siembras y cosechas de los cultivos, estos ciclos de producción se denominan “campañas agrícolas”, cuyas condicionantes son la altitud sobre el nivel del mar y los factores de oportunidad de siembra y cosecha.

Egúsquiza (2014) menciona que las condiciones del clima para el cultivo de papa son importantes para decidir la oportunidad de siembra, para ello considera como factores a la temperatura, agua, sanidad y precio. Para una adecuada producción de papa el clima debe ser frío, con temperaturas promedio menores a 20°C por lo menos dos meses durante la temporada de lluvias. En cuanto a sanidad, la siembra en época seca favorece la presencia de insectos, mientras que una siembra en época de lluvias favorece la presencia de enfermedades causadas por hongos y bacterias. En las zonas del lado oriental de los Andes se recomienda sembrar en la época de ausencia de lluvias para evadir los daños de “ranchar”. Asimismo, tener condiciones buenas de suelo y de la semilla.

Por otro lado, para la oportunidad de cosecha menciona que puede ser anterior o posterior a la madurez natural de la planta, identificando a la planta madura cuando la mayor parte de hojas muestran color amarillento, pérdida de la totalidad de hojas y/o no muestra follaje. Las condiciones que determinan la oportunidad de cosecha son: madurez, tamaño, precio, sanidad, clima y recursos.

Para la determinación del calendario agrícola de la zona de estudio, se utilizó las estadísticas agrarias de la oficina descentralizada de la región Junín- MINAGRI, la cual consiste en calcular las siembras y cosechas promedio del cultivo de papa a nivel distrital considerando las campañas agrícolas desde 1997-1998 a la campaña 2014-2015, resumidas en la tabla 10.

El calendario histórico del cultivo de papa muestra que la mayoría de las campañas agrícolas en las provincias de Junín se realizan entre los meses de setiembre y julio; la “campaña grande” se caracteriza por estar relacionado con la temporalidad de las lluvias, por ello, gran parte de la zona altoandina de Junín presenta mayor frecuencia de la siembra de papa entre

setiembre a diciembre y las labores de cosecha entre enero a julio. Sin embargo, en promedio, las siembras de papa se concentran en los meses de octubre y noviembre, mientras que los principales meses de cosecha son abril y mayo. Cabe resaltar que en la gran mayoría de distritos de la provincia de Yauli y Tarma se extiende las principales cosechas hasta junio.

La estacionalidad de las siembras y cosechas en algunos distritos de las provincias de Concepción y Tarma muestra también otro periodo definido, denominada “campaña chica”, el cual comprende fechas de siembra entre los meses de abril y julio, cuyo desarrollo usualmente es manejado por sistemas conducidos bajo condiciones de riego tecnificado. Ambas campañas (grande y chica), permiten la disponibilidad del cultivo de papa durante casi todo el año.

Continuación

| Provincia | Distrito | Altitud (msnm) | Cultivo | Campaña agrícola | | | | | | | | | | | | | | | | | Período Referencial Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------|----------------|---------|------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | SIEMBRAS (%) | | | | | | | | | | COSECHAS (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | | | | | | | | | | | | |
| JAUJA | ACOLLA | 3460 | PAPA | 0.1 | 1.5 | 41.0 | 50.1 | 6.5 | 0.8 | | 0.1 | 0.9 | 13.9 | 33.9 | 29.4 | 16.3 | 5.5 | | | | | | | | | | | OCT - JUL | | | | | |
| | APATA | 3650 | | 8.8 | 18.7 | 35.3 | 29.1 | 7.0 | 1.0 | 0.1 | | 4.2 | 10.7 | 26.8 | 35.4 | 17.2 | | 5.5 | | | | | | | | 0.1 | | | SET - JUN | | | | |
| | ATAURA | 3262 | | 16.0 | 30.0 | 25.2 | 19.4 | 5.2 | 0.6 | 0.5 | | 5.1 | 20.7 | 21.1 | 24.9 | 27.7 | | 3.7 | | | | | | | | | | | AGO - JUN | | | | |
| | CANCHAYLLO | 700 | | | 25.9 | 41.8 | 28.1 | 4.2 | | | | | 5.7 | 15.4 | 35.7 | 20.2 | | 17.5 | | | | | | | 5.4 | | | | SET - JUL | | | | |
| | CURICACA | 3286 | | | 10.1 | 38.7 | 43.3 | 7.9 | | | | | | 3.5 | 26.3 | 39.5 | 21.1 | | | | | | | | | 4.8 | 4.8 | | | SET - JUN | | | |
| | EL MANTARO | 3430 | | 13.8 | 21.8 | 33.8 | 17.6 | 5.6 | 0.9 | 0.7 | | 9.9 | | 21.5 | 29.8 | 24.4 | 11.5 | | 6.2 | 2.2 | | | | | | | | | | AGO - JUN | | | |
| | HUAMALI | 2000 | | 13.0 | 33.6 | 39.8 | 11.1 | 2.5 | | | | 9.8 | | 17.6 | 23.3 | 24.8 | 16.4 | | | | | | | | | | | 8.2 | | | AGO - JUN | | |
| | HUARIPAMPA | 4550 | | 15.7 | 28.9 | 30.5 | 19.3 | 3.5 | | | | 6.6 | | 16.3 | 27.8 | 18.7 | 18.7 | | 2.1 | 11.9 | | | | | | | | | | | AGO - JUL | | |
| | HUERTAS | 3322 | | 7.8 | 10.6 | 36.3 | 36.2 | 8.1 | 1.0 | 0.6 | | 3.6 | | 7.3 | 22.8 | 25.2 | 25.1 | | 15.5 | | | | | | | | | | | | SET - JUL | | |
| | JANJAILLO | 3342 | | | | 41.4 | 51.9 | 6.8 | | | | | | 0.4 | 21.5 | 37.0 | 27.7 | | 11.3 | | | | | | | | 2.1 | | | | OCT - JUL | | |
| | JAUJA | 3326 | | | 19.8 | 32.9 | 41.7 | 4.4 | 1.3 | | | | | 1.5 | 23.2 | 31.6 | 30.2 | | 13.5 | | | | | | | | | | | | SET - JUL | | |
| | JULCAN | 4100 | | 8.7 | 22.2 | 45.1 | 20.0 | 3.4 | 0.6 | | | 3.6 | | 10.4 | 32.2 | 27.5 | 22.0 | | | | | | | | | | | 4.3 | | | SET - JUN | | |
| | LLOCLLAPAMPA | 3390 | | | 16.5 | 41.3 | 37.8 | 3.7 | 0.7 | | | | | 1.4 | 32.1 | 35.5 | 16.2 | | | | | | | | | | | 9.6 | 5.2 | | SET - JUL | | |
| | MARCO | 3741 | | 11.2 | 6.6 | 39.5 | 40.2 | 2.5 | 0.1 | | | | | 3.5 | 17.2 | 34.6 | 33.2 | | 11.5 | | | | | | | | | | | | AGO - JUL | | |
| | MASMA | 3742 | | 10.0 | 19.1 | 42.0 | 24.9 | 4.0 | | | | 2.8 | | 11.5 | 24.8 | 23.6 | 22.4 | | 14.9 | | | | | | | | | | | | | SET - JUL | |
| | MASMA CHICCHE | 2739 | | 17.1 | 16.4 | 43.9 | 21.1 | 1.1 | 0.5 | | | 2.6 | | 8.1 | 21.4 | 31.0 | 28.2 | | 8.6 | | | | | | | | | | | | | AGO - JUN | |
| | MOLINOS | 3339 | | 6.2 | 10.1 | 29.7 | 25.1 | 7.3 | 0.2 | 8.2 | | 4.9 | | 9.2 | 0.8 | 22.9 | 2.4 | 24.3 | 10.1 | 15.0 | 8.0 | 5.4 | 0.1 | | | 0.6 | 2.9 | 6.3 | | | SET - JUN | | |
| | MUQUI | 3400 | | 15.2 | 24.1 | 26.1 | 27.8 | 2.0 | | 0.4 | | 7.5 | | 15.2 | 27.3 | 18.6 | 19.3 | | 4.9 | 11.6 | | | | | | | | | | | | AGO - JUL | |
| | MUQUIYAYUO | 500 | | 14.4 | 22.6 | 33.9 | 19.4 | 4.9 | 0.6 | 1.2 | | 8.3 | | 13.8 | 1.3 | 25.2 | 26.3 | | 18.3 | | | | | | | | | 1.2 | | | | AGO - JUN | |
| | PACA | 3435 | | 0.5 | 12.6 | 46.7 | 34.4 | 4.7 | 0.6 | | | 0.7 | | 9.1 | 25.2 | 34.2 | 0.5 | 22.8 | | 7.5 | | | | | | | | | 0.5 | | | SET - JUN | |
| | PACCHA | 2070 | | 2.1 | 5.1 | 40.0 | 48.4 | 2.8 | 1.6 | 0.2 | | 0.8 | | 3.2 | 28.5 | 32.7 | | 24.1 | | 10.6 | | | | | | | | | | | | OCT - JUL | |
| | PANCAN | 1000 | | 5.9 | 15.3 | 35.5 | 36.3 | 6.1 | 0.8 | | | 2.5 | | 6.1 | 24.7 | 29.8 | 25.1 | | 11.9 | | | | | | | | | | | | | SET - JUL | |
| | PARCO | 525 | | 1.7 | 7.4 | 34.1 | 46.0 | 10.1 | 0.7 | 0.1 | | 1.0 | | 2.3 | 25.7 | 37.3 | 28.6 | | | | | | | | | | | 4.3 | 0.8 | | | OCT - JUN | |
| | POMACANCHA | 3247 | | | 10.1 | 42.6 | 43.2 | 4.1 | | | | | | 2.7 | 18.6 | 31.0 | 0.1 | 34.5 | | 12.4 | | | | | | | | | | 0.1 | | SET - JUL | |
| | RICRAN | 3806 | | 3.8 | 9.5 | 28.0 | 44.4 | 6.1 | 0.1 | 2.0 | | 3.1 | | 8.6 | 27.3 | 1.0 | 26.7 | 3.3 | 22.8 | 3.9 | 5.3 | 0.1 | | | | | 0.1 | 0.5 | 3.6 | | | SET - JUN | |
| | SAN LORENZO | 3362 | | 19.9 | 21.2 | 31.9 | 19.6 | 4.5 | 0.5 | 1.2 | | 10.2 | | 13.9 | 22.3 | 22.3 | 0.1 | 18.1 | 2.4 | 11.8 | | | | | | | | | | 0.2 | | | AGO - JUL |
| | SAN PEDRO DE CHUNAN | 3430 | | 9.4 | 22.8 | 43.3 | 16.5 | 7.1 | 0.4 | 0.2 | | 5.9 | | 14.3 | | 27.0 | 24.3 | 0.6 | 22.5 | | 5.6 | | | | | | | | | 0.2 | | SET - JUN | |
| | SAUSA | 3330 | | 25.4 | 19.7 | 37.7 | 14.5 | 2.7 | | 0.3 | | 5.4 | | 9.2 | 25.5 | 17.5 | 23.7 | | 18.4 | | | | | | | | | | | | | AGO - JUL | |
| SINCOS | 3675 | 1.7 | 2.6 | 45.2 | 44.2 | 5.6 | 0.6 | 0.1 | | 1.3 | | 3.1 | 19.6 | 29.5 | 33.1 | | 0.1 | 13.3 | | | | | | | | | | | | OCT - JUL | | | |
| TUNAN MARCA | 800 | | 3.6 | 50.7 | 38.8 | 6.8 | 0.1 | | | 0.1 | | 3.1 | 16.7 | 34.9 | 29.2 | | 12.3 | | 3.7 | | | | | | | | | | | OCT - JUL | | | |
| YAULI | 400 | 2.7 | 12.2 | 45.5 | 35.2 | 3.9 | 0.6 | | | 1.2 | | 6.1 | 20.3 | 31.4 | 25.8 | | 12.1 | | | | | | | | | | | | | SET - JUL | | | |
| YAYUOS | 3250 | | 3.7 | 41.3 | 45.4 | 7.8 | 1.8 | | | | | 1.4 | 15.7 | 31.4 | 35.8 | | 15.0 | | 0.7 | | | | | | | | | | | OCT - JUL | | | |
| CONCEPCIÓN | ACO | 3275 | 0.7 | 4.0 | 44.3 | 37.0 | 12.9 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0.2 | | 3.9 | 25.2 | 32.4 | | 16.0 | | 14.4 | | | | | | | | 7.8 | | | OCT - JUL | | | |
| | ANDAMARCA | 3544 | 12.8 | 28.4 | 31.7 | 8.6 | 2.6 | 0.1 | 11.8 | | 8.3 | | 10.8 | 0.5 | 16.0 | 1.1 | 24.3 | 4.3 | 16.3 | 10.0 | 2.8 | 3.4 | | | | 0.6 | 1.4 | 4.2 | | | AGO - JUN | | |
| | CHAMBARA | 3269 | 1.0 | 4.4 | 20.1 | 57.0 | 15.6 | 2.0 | | | | | 3.8 | 20.2 | 26.8 | | 23.3 | | 10.2 | | 15.8 | | | | | | | | | | OCT - JUL | | |
| | COCHAS | 3263 | 14.4 | 12.3 | 9.9 | 1.7 | 0.9 | 0.9 | 19.9 | | 0.3 | 18.5 | 1.1 | 15.3 | 2.3 | 9.9 | 8.1 | 6.1 | 18.3 | 5.2 | 29.8 | 1.0 | 1.6 | 1.7 | 2.6 | 5.9 | 12.3 | | | | AGO - JUN | | |
| | COMAS | 3175 | 16.3 | 17.6 | 7.8 | 1.6 | 0.6 | 0.7 | 16.4 | 0.4 | 16.7 | 0.8 | 16.2 | 2.4 | 10.5 | 8.3 | 8.9 | 20.6 | 5.7 | 22.7 | 2.3 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 7.5 | 11.5 | | | | | AGO - JUN | | |
| | CONCEPCION | 3200 | 13.1 | 25.0 | 36.7 | 14.5 | 6.7 | 1.0 | 2.8 | | 7.3 | | 15.5 | 32.1 | 22.1 | | 13.8 | | 3.0 | 6.0 | | | | | | | | 0.2 | | | AGO - JUL | | |
| | HEROINAS TOLEDO | 3516 | 4.9 | 17.1 | 48.5 | 21.9 | 6.4 | 0.7 | 1.2 | | 5.8 | | 10.7 | 28.1 | 26.7 | 19.2 | | 0.5 | 7.7 | | 0.5 | | | | | | | 0.1 | | | SET - JUL | | |
| | MANZANARES | 3284 | 4.2 | 8.0 | 24.3 | 49.1 | 11.4 | 3.0 | 2.3 | | 3.9 | | 16.3 | 28.1 | 23.2 | | 20.5 | | 3.9 | 1.8 | | | | | | | | | | | SET - JUN | | |
| | MARISCAL CASTILLA | 3283 | 19.9 | 13.3 | 5.9 | 1.3 | 0.8 | 0.5 | 14.4 | | 0.2 | 21.7 | 1.1 | 14.4 | 2.1 | 9.7 | 6.5 | 6.6 | 24.9 | 4.3 | 23.5 | 1.2 | 0.5 | 1.5 | 2.9 | 6.1 | 16.6 | | | | AGO - JUN | | |
| | MATAHUASI | 780 | 12.9 | 29.9 | 31.7 | 16.7 | 6.6 | 0.1 | 1.8 | | | | 9.4 | 19.0 | 28.2 | 24.6 | | 11.1 | | 2.0 | 5.4 | | | | | 0.3 | 0.1 | | | | AGO - JUN | | |
| | MITO | 3663 | 13.5 | 24.0 | 33.9 | 14.4 | 7.2 | 0.1 | 1.9 | | 9.2 | | 14.8 | 32.9 | 26.2 | | 14.5 | | 6.9 | | | | | | | | | | 0.5 | | | AGO - JUN | |
| | NUEVE DE JULIO | 3532 | 11.9 | 35.9 | 36.1 | 10.4 | 2.4 | | 2.2 | | 8.4 | | 19.6 | 28.7 | 21.9 | | 18.8 | | 3.2 | 0.2 | | | | | | | | 0.2 | | | SET - JUN | | |
| | ORCOTUNA | 3320 | 12.8 | 25.1 | 41.5 | 15.7 | 4.0 | 0.4 | 1.4 | | 9.5 | | 19.7 | 34.5 | 19.6 | | 11.9 | | 0.6 | 3.2 | | | | | | | | 0.1 | | | SET - JUN | | |
| | SAN JOSE DE QUERO | 3260 | | | 27.0 | 61.4 | 10.8 | 0.9 | | | | | 2.4 | 14.3 | 28.2 | | 23.9 | | | | | | | | | 31.2 | | | | | OCT - AGO | | |
| | SANTA ROSA DE OCOPA | 3830 | 6.7 | 27.7 | 37.6 | 19.1 | 6.8 | 0.4 | 1.2 | | 7.9 | | 15.3 | 27.3 | 28.6 | | 16.5 | | 1.7 | 3.2 | | | | | | | | | | | SET - JUN | | |




Siembras



Cosechas

Continuación

| Provincia | Distrito | Altitud (msnm) | Cultivo | Campaña agrícola | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Periodo Referencial Campaña Grande | | | | |
|-----------|---------------------|----------------|---------|------------------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----------|-----------|-----------|
| | | | | SIEMBRAS (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | COSECHAS (%) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | | | | | | | | | |
| TARMA | ACOBAMBA | 3286 | Papa | 1.7 | 6.3 | 28.8 | 38.1 | 18.7 | 0.9 | 2.0 | 0.1 | 1.7 | 0.4 | 7.1 | 0.6 | 19.3 | 0.9 | 20.1 | 1.7 | 22.0 | 1.9 | 20.1 | 3.7 | 0.9 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | SET - JUL | | |
| | HUARICOLCA | 3285 | | 1.8 | 6.3 | 26.5 | 40.2 | 24.4 | 0.8 | 0.2 | 1.1 | | 5.1 | 12.6 | 19.3 | 31.1 | 0.1 | 25.4 | 4.3 | 0.9 | | | | | | | | | SET - JUL | |
| | HUASAHUASI | 632 | | 18.4 | 25.6 | 16.7 | 4.5 | 0.6 | 0.1 | 12.4 | 0.2 | 24.1 | 0.6 | 26.5 | 1.4 | 14.7 | 3.8 | 6.0 | 11.6 | 3.8 | 16.6 | 1.0 | 0.5 | 0.6 | 1.3 | 2.5 | 6.7 | AGO - MAY | | |
| | LA UNION | 3380 | | 1.8 | 6.6 | 29.4 | 39.5 | 20.5 | 0.1 | 1.1 | | 1.5 | | 6.2 | 11.0 | 0.3 | 11.4 | 0.8 | 32.1 | 0.9 | 25.3 | 9.0 | 1.7 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | | | SET - JUL | |
| | PALCA | 3282 | | 17.1 | 22.0 | 18.5 | 8.9 | 5.2 | 0.6 | 8.9 | 0.1 | 14.7 | 1.2 | 19.8 | 2.8 | 15.8 | 3.8 | 11.9 | 9.0 | 6.9 | 10.9 | 6.3 | 1.0 | 1.4 | 2.2 | 3.3 | 7.8 | AGO - JUL | | |
| | PALCAMAYO | 3300 | | 1.8 | 10.6 | 34.8 | 37.9 | 13.3 | 0.2 | 0.5 | | 1.3 | | 7.6 | 0.2 | 16.8 | 0.4 | 17.0 | 0.5 | 28.3 | 0.4 | 20.9 | 6.0 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | | | SET - JUL |
| | SAN PEDRO DE CAJAS | 4137 | | 6.2 | 17.1 | 34.2 | 26.5 | 12.0 | | 0.7 | | 4.1 | | 9.2 | | 9.1 | 0.1 | 22.5 | 0.6 | 27.7 | 3.2 | 19.9 | 6.4 | 0.3 | | | 0.2 | | | SET - JUL |
| | TAPO | 4255 | | 8.0 | 12.5 | 31.4 | 30.2 | 6.5 | 0.5 | 3.8 | | 6.0 | | 11.4 | 0.2 | 15.1 | 0.5 | 19.8 | 4.4 | 22.0 | 5.7 | 13.0 | 3.8 | 0.9 | 0.3 | 0.4 | 3.5 | | | SET - JUL |
| TARMA | 3140 | 2.8 | | 7.6 | 32.1 | 33.6 | 16.7 | | 2.1 | | 2.8 | 0.1 | 9.4 | 1.1 | 17.0 | 1.2 | 17.9 | 2.6 | 24.3 | 2.3 | 17.3 | 4.2 | 0.5 | 1.1 | 1.6 | 1.9 | | | SET - JUL | |
| YAULI | CHACAPALPA | 3053 | | | 14.2 | 31.7 | 38.9 | 15.2 | | | | | | | 3.6 | 30.6 | 40.7 | 24.8 | | | | | | | | | | | SET - JUL | |
| | HUAY-HUAY | 3180 | | | 15.8 | 34.4 | 36.1 | 13.7 | | | | | | | 4.2 | 30.8 | 42.1 | 22.5 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | LA OROYA | 3470 | | | 18.9 | 32.2 | 35.5 | 13.4 | | | | | | | 3.9 | 36.1 | 36.4 | 22.3 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | PACCHA | 1850 | | | 18.6 | 31.8 | 37.9 | 11.8 | | | | | | | 3.0 | 25.4 | 39.7 | 31.9 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | SANTA ROSA DE SACCO | 3400 | | | 19.0 | 29.3 | 37.4 | 14.2 | | | | | | | 2.1 | 32.5 | 40.0 | 25.4 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | SUITUCANCHA | 4100 | | | 18.9 | 35.1 | 34.6 | 11.4 | | | | | | | 3.9 | 31.3 | 39.7 | 25.1 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| JUNÍN | CARHUAMAYO | 3274 | | | 8.8 | 15.3 | 37.9 | 31.2 | 6.8 | | | | | | 1.9 | 11.8 | 61.5 | 24.7 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | JUNIN | 3856 | | | 10.8 | 47.5 | 33.8 | 7.9 | | | | | | | 0.9 | | 4.6 | 81.6 | 12.9 | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | ONDORES | 3240 | | | 14.5 | 36.0 | 42.8 | 6.7 | | | | | | | | 2.3 | 73.2 | 24.5 | | | | | | | | | | | | SET - JUL |
| | ULCUMAYO | 3646 | | | 9.4 | 31.0 | 32.6 | 21.1 | 2.5 | 0.1 | 1.4 | | 2.9 | 0.2 | 8.8 | 0.3 | 12.9 | 1.6 | 36.2 | 0.7 | 26.6 | 0.5 | 10.1 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | | | SET - JUL |

 Siembras  Cosechas

FUENTE: Estadísticas agrarias (Dirección Regional de Junín, 2015). Elaboración propia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Geográficamente se localiza en la sierra central del Perú entre los 10° 43' 1,2'' a 12° 42' 0'' latitud sur y los 74°28'44,4'' a 76°31'48'' longitud oeste, con altitudes que superan los 2300 m. En el extremo noroeste occidental se ubica el lago Junín y en el extremo suroeste se encuentra el valle del Mantaro. La zona de estudio comprende a las 7 provincias del departamento de Junín: Jauja, Concepción, Huancayo, Chupaca, Tarma, Yauli y Junín; caracterizada por presentar la mayor superficie destinada a la actividad agrícola, dentro de los que se encuentra al cultivo de papa.

Limita por el norte con el departamento de Pasco; por el sur con Huancavelica y Ayacucho; por el oeste con Lima y por el este con las provincias de Chanchamayo y Junín. En figura 11 se observa que se encuentra atravesada por la Cordillera Occidental y se caracteriza por presentar a las regiones naturales Quechua, Suni y Puna; la primera corresponde a territorios que oscilan entre 2300 a 3500 m, con pendientes suaves y clima templado con lluvias estacionales; la segunda presenta altitudes que abarcan entre 3500 a 4000 m, con cerros y acantilados, cadenas montañosas de suave ondulación y clima frío; la tercera región presenta planicies que oscilan entre los 4000 a 4800 m con flancos de grandes elevaciones, cuya complejidad fisiográfica condiciona un clima frígido (principalmente en las noches) y húmedo, que brinda condiciones potenciales para el desarrollo de la ganadería beneficiado por la disponibilidad de pastos naturales.

La presencia de cerros cubiertos de nieve y/o nevados se localiza sobre las punas, a altitudes superiores a 4800 m, abarcando áreas en las provincias de Yauli, Chupaca y Huancayo.

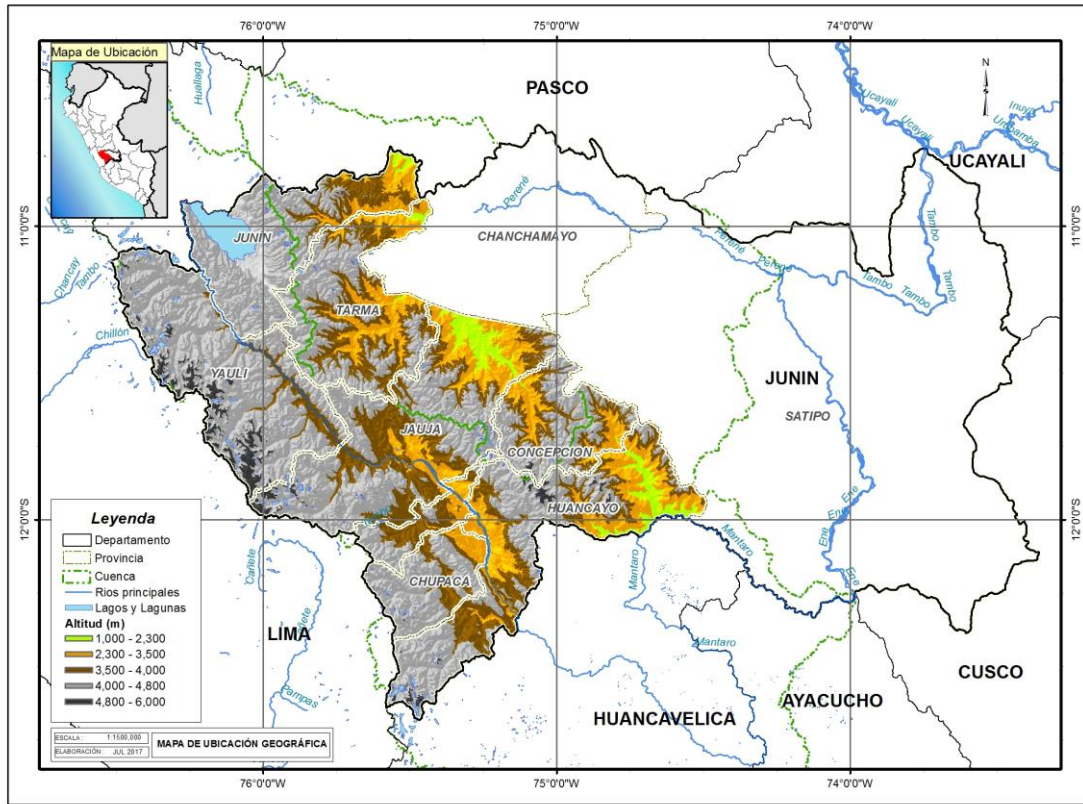


Figura 11: Ubicación del área de estudio en el departamento de Junín

FUENTE: Elaboración propia

3.2. MATERIALES

3.2.1. INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Para el presente trabajo se recopiló información diaria de la lluvia proveniente de la red de estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). La figura 12 muestra la distribución espacial de las estaciones meteorológicas base que se seleccionaron considerando criterios como presentar el mayor record histórico continuo posible y una buena calidad de datos para el periodo: 1965-2014, así como la clasificación climática de estas.

La tabla 11 resume las características de las estaciones meteorológicas convencionales localizadas dentro y alrededor de la zona de estudio, las cuales comprenden en mayor densidad estaciones meteorológicas del tipo Climatológicas Ordinarias, Climatológica Principal, Meteorológicas Agrícola Principal, y en menor densidad a las estaciones del tipo Pluviométricas.

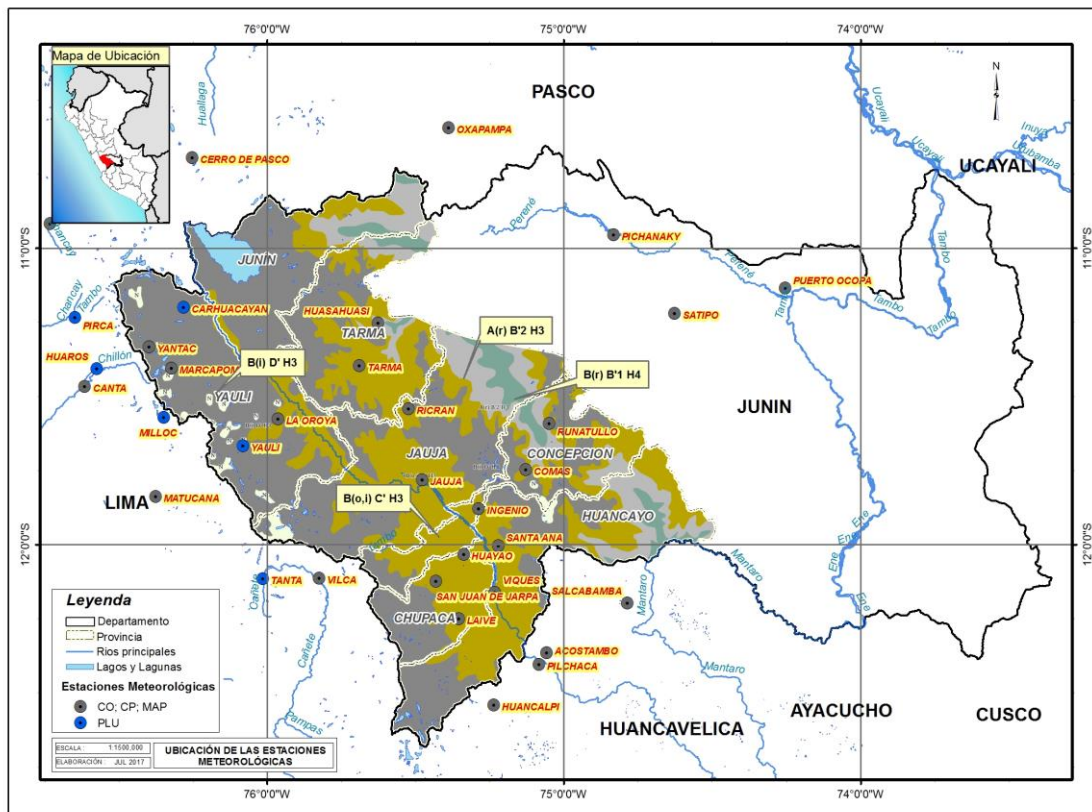


Figura 12: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas base, superpuesta en la Clasificación Climática de Thornthwaite.

FUENTE: SENAMHI. Elaboración propia.

Según la Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 1988), desarrollado a través del Sistema de Clasificación de Climas de Warren Thornthwaite, se distinguen cuatro regiones climáticas en la zona de estudio: B (i) D' H3, B(o, i) C' H3, A (r) B'2 H3 y B (r) B'1 H4, clasificadas en función a la lluvia efectiva, distribución de las lluvias en el año, eficiencia de temperatura y humedad atmosférica. La mayor densidad de estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de estudio se encuentran en dos regiones climáticas

predominantes, la primera ubicada en altitudes superiores a 4000 m con un clima semifrío y lluvioso, con lluvia deficiente en invierno (época de estiaje) y humedad relativa calificada como húmedo (B(i) D' H3); la segunda región climática abarca estaciones meteorológicas con altitudes inferiores a 4000 m, las cuales se caracteriza por poseer un clima frío y lluvioso, con ausencia de lluvias durante el otoño e invierno (época de estiaje) y humedad relativa calificada como húmedo (B(o,i) C' H3). Por otro lado, en las dos regiones climáticas restantes que no se presenta estaciones meteorológicas, predomina el clima templado y muy lluvioso, con lluvia abundante a lo largo del año y humedad relativa calificada como húmedo (A(r) B'2 H3), mientras que la otra región climática presenta clima semicálido y lluvioso, con lluvia abundante a lo largo del año y humedad relativa clasificada como muy húmedo (B(r) B'1 H4).

Tabla 11: Estaciones meteorológicas base utilizadas para la investigación.

| Nombre | Tipo | Departamento | Provincia | Distrito | Cuenca | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) | Periodo |
|-------------------|------|--------------|--------------|------------------------------|-------------------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| Santa Ana | MAP | Junín | Huancayo | El Tambo | Mantaro | 12° 00'16 | 75° 13'16 | 3302 | 1992-2014 |
| Jauja | CO | Junín | Jauja | Jauja | Mantaro | 11° 46'59,16 | 75° 28'45,84 | 3360 | 1965-2014 |
| San Juan de Jarpa | CO | Junín | Chupaca | San Juan de Jarpa | Mantaro | 12° 07'30 | 75° 25'55 | 3650 | 1997-2014 |
| La Oroya | CO | Junín | Yauli | Santa Rosa de Sacco | Mantaro | 11° 34'34 | 75° 57'56 | 4007 | 1993-2014 |
| Viques | CO | Junín | Huancayo | Viques | Mantaro | 12° 09'45 | 75° 14'3 | 3186 | 1965-2014 |
| Huayao | CP | Junín | Chupaca | Huachac | Mantaro | 12° 02'1 | 75° 20'20 | 3360 | 1965-2014 |
| Laive | CO | Junín | Chupaca | Yanacancha | Mantaro | 12° 15'8 | 75° 21'19 | 3831 | 1965-2014 |
| Ingenio | CO | Junín | Concepción | Santa Rosa de Ocopa | Mantaro | 11° 52'51 | 75° 17'16 | 3422 | 1965-2014 |
| Carhuacayan | PLU | Junín | Yauli | Santa Barbara de Carhuacayan | Mantaro | 11° 12'1 | 76° 17'1 | 4150 | 1969-2014 |
| Yantac | CO | Junín | Yauli | Marcapomacocha | Mantaro | 11° 20'1 | 76° 24'1 | 4684 | 1969-2014 |
| Marcapomacocha | CO | Junín | Yauli | Marcapomacocha | Mantaro | 11° 24'17 | 76° 19'31,1 | 4479 | 1965-2014 |
| Yauli | PLU | Junín | Yauli | Yauli | Mantaro | 11° 40'1 | 76° 05'1 | 4100 | 1997-2014 |
| Tarma | CO | Junín | Tarma | Tarma | Perene | 11° 23'49 | 75° 41'25 | 3200 | 1965-2014 |
| Comas | CO | Junín | Concepción | Comas | Perene | 11° 44'54,96 | 75° 07'45,12 | 3640 | 1965-1978 1993-2014 |
| Ricrán | CO | Junín | Jauja | Ricrán | Perene | 11° 32'32 | 75° 31'31 | 3687 | 1965-2014 |
| Huasahuasi | CO | Junín | Tarma | Huasahuasi | Perene | 11° 15'14 | 75° 37'37 | 3359 | 1965-1976 1994-2014 |
| Runatullo | CO | Junín | Concepción | Comas | Perene | 11° 35'35 | 75° 03'3 | 3475 | 2000-2014 |
| Pichanaki | CO | Junín | Chanchamayo | Pichanaquí | Perene | 10° 57'17 | 74° 49'57 | 526 | 1995-2014 |
| Satipo | CO | Junín | Satipo | Satipo | Perene | 11° 13'12 | 74° 37'37 | 588 | 1989-2014 |
| Puerto Ocopa | CO | Junín | Satipo | Rio Tambo | Perene | 11° 08'8 | 74° 15'15 | 830 | 1996-2014 |
| Acostambo | CO | Huancavelica | Tayacaja | Acostambo | Mantaro | 12° 21'58 | 75° 03'33 | 3675 | 1989-2014 |
| Pilchaca | CO | Huancavelica | Huancavelica | Pilchaca | Mantaro | 12° 24'23 | 75° 05'5 | 3650 | 1965-2014 |
| Salcabamba | CO | Huancavelica | Tayacaja | Salcabamba | Mantaro | 12° 11'58 | 74° 47'9 | 3275 | 1965-2014 |
| Huancalpi | CO | Huancavelica | Huancavelica | Vilca | Mantaro | 12° 32'32 | 75° 14'14 | 4450 | 1965-2014 |
| Milloc | PLU | Lima | Huachirí | Carampoma | Rímac | 11° 34'17,6 | 76° 21'1 | 4361 | 1986-2014 |
| Tanta | PLU | Lima | Yauyos | Tanta | Cañete | 12° 07'1 | 76° 01'1 | 4355 | 1965-2014 |
| Picoy | CO | Lima | Huaura | Santa Leonor | Huaura | 10° 55'1 | 76° 44'1 | 3075 | 1968-2014 |
| Canta | CP | Lima | Canta | Canta | Chillón | 11° 28'1 | 76° 37'1 | 2974 | 1965-2014 |
| Matucana | CO | Lima | Huachirí | Matucana | Rímac | 11° 50'21,8 | 76° 22'41,8 | 2431 | 1965-2014 |
| Pirca | PLU | Lima | Huaural | Atavillos Alto | Chancay - Huaural | 11° 14'1 | 76° 39'1 | 3300 | 1968-2014 |
| Huaros | PLU | Lima | Canta | Huaros | Chillón | 11° 24'26,8 | 76° 34'33,03 | 3741 | 1965-2014 |
| Vilca | CO | Lima | Yauyos | Huancaya | Cañete | 12° 06'53,8 | 75° 49'34,9 | 3810 | 1965-2014 |
| Cerro de Pasco | CO | Pasco | Pasco | Chaupimarca | Mantaro | 10° 41'40 | 76° 15'15 | 4260 | 1965-2014 |
| Oxapampa | CO | Pasco | Oxapampa | Oxapampa | Pachitea | 10° 35'34 | 75° 23'23 | 1850 | 1995-2014 |

FUENTE: SENAMHI. Elaboración propia.

3.2.2. DATOS DE REANALYSIS ERA-INTERIM

Se recopiló información mensual del “reanalysis” ERA-INTERIM (<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=pl/>), el cual posee observaciones globales climáticas correspondientes al periodo de 1979-2014. Este “reanalysis” fue desarrollado por el Centro Europeo de Pronóstico de Rango Medio (ECMWF) (Uppala et al., 2005), provee datos a una resolución espacial de $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ y una resolución temporal de 4 tiempos en UTC (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC y 18 UTC). Conceptualmente, el “reanalysis” climático proporciona la descripción numérica del clima en base a la combinación de modelos numéricos con datos observados estimando parámetros atmosféricos (geopotencial, temperatura del aire, humedad específica, viento, entre otros).

Las variables a considerar fueron: viento (m/s) y altura geopotencial (m), analizadas para los niveles isobáricos de 200, 250, 500 y 700 hPa. Estos niveles isobáricos corresponden a niveles altos, medios y bajos de la atmósfera, donde son visibles los diversos patrones sinópticos (Vuille, 1998); así mismo, dado que la zona de estudio se encuentra en la región altandina, se consideró como nivel isobárico cerca de la superficie terrestre a 700 hpa, de manera que represente una concordancia con su altitud.

3.2.3. INFORMACIÓN AGRARIA

El mayor record histórico disponible de las series estadísticas agrarias (superficie sembrada, superficie cosechada y rendimiento) a nivel distrital se obtuvieron de la Dirección Regional Agraria de Junín (DRA-Junín), correspondiente a las campañas agrícolas: 1997-98 al 2015-16 para el cultivo de papa. En la tabla 12 se muestran a los 104 distritos productores de papa de la zona altoandina de las provincias de Huancayo, Chupaca, Jauja, Concepción, Tarma, Yauli y Junín.

Tabla 12: Distritos productores del cultivo de papa.

| Provincia | Distrito | Provincia | Distrito | Provincia | Distrito |
|-------------------|---------------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Huancayo | Carhuacallanga | Jauja | Acolla | Concepción | Aco |
| | Chacapampa | | Apata | | Andamarca |
| | Chicche | | Ataura | | Chambara |
| | Chilca | | Canchayllo | | Cochas |
| | Chongos Alto | | Curicaca | | Comas |
| | Chupuro | | El Mantaro | | Concepcion |
| | Colca | | Huamali | | Heroínas Toledo |
| | Cullhuas | | Huaripampa | | Manzanares |
| | El Tambo | | Huertas | | Mariscal Castilla |
| | Huacrapuquio | | Janjaillo | | Matahuasi |
| | Hualhuas | | Jauja | | Mito |
| | Huancan | | Julcan | | Nueve De Julio |
| | Huancayo | | Lloclapampa | | Orcotuna |
| | Huasicancha | | Marco | | San Jose De Quero |
| | Huayucachi | | Masma | Santa Rosa De Ocopa | |
| | Ingenio | | Masma Chicche | Acobamba | |
| | Pariahuanca | | Molinos | Huaricolca | |
| | Pilcomayo | | Muqui | Huasahuasi | |
| | Pucara | | Muquiyauyo | La Union | |
| | Quichuay | | Paca | Palca | |
| | Quilcas | | Paccha | Palcamayo | |
| | San Agustin | | Pancan | San Pedro De Cajas | |
| | San Jeronimo De Tunan | | Parco | Tapo | |
| | Santo Domingo De Acobamba | | Pomacancha | Tarma | |
| | Sapallanga | | Ricran | Chacapalpa | |
| | Sicaya | | San Lorenzo | Huay-Huay | |
| | Saño | | San Pedro De Chunan | La Oroya | |
| | Viques | | Sausa | Paccha | |
| | Chupaca | | Ahuac | Sincos | Santa Rosa De Sacco |
| | | | Chongos Bajo | Tunan Marca | Suitucancha |
| Chupaca | | Yauli | Carhuamayo | | |
| Huachac | | Yauyos | Junín | | |
| Huamancaca Chico | | Leonor Ordoñez | Ondores | | |
| San Juan De Jarpa | | | Ulcumayo | | |
| San Juan De Yscos | | | | | |
| Tres De Diciembre | | | | | |
| Yanacancha | | | | | |

FUENTE: Dirección Regional Agraria de Junín.

3.2.4. INFORMACIÓN DE ÍNDICES DE TELECONEXIÓN CLIMÁTICA

Para las pruebas estadísticas y la evaluación de las respuestas del comportamiento de las lluvias y el rendimiento del cultivo de papa ante las teleconexiones climáticas, se utilizaron, recopilaron y tabularon dos índices ENSO: ONI e ICEN, correspondientes al periodo 1965-2014.

3.2.5. SOFTWARES

- Visualizador GrADS 2.0.2
- HYDRACCESS 4.3
- Arc Gis 10.3
- Software: Categorical CropClimate Forecasting Tool (CCFT)
- Rclimindex, Rclimtool

3.3. MÉTODOS

En esta sección se explica las diferentes técnicas, criterios y procedimientos que se utilizaron para cumplir con los objetivos de la investigación. El esquema de la metodología se muestra en la figura 13, donde los principales insumos fueron la información climática y las series estadísticas agrarias correspondientes al cultivo de papa.

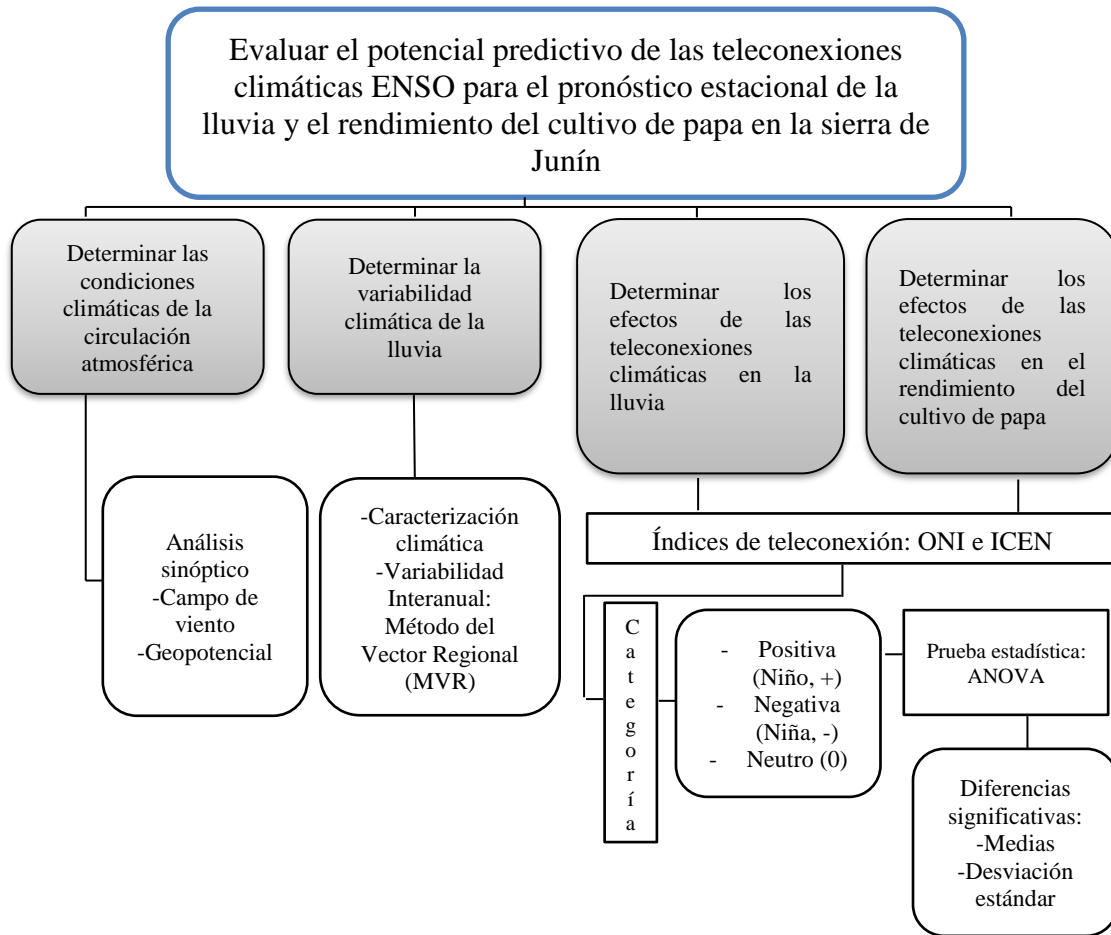


Figura 13: Esquema de la metodología de la investigación

3.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

Para conocer los patrones de circulación atmosféricas que predominan y contribuyen al clima de la sierra de la región Junín, se realizó un análisis con la información de los datos climáticos mensuales del “reanalysis” del ERA-INTERIM, elaborando campos de flujo de viento en altura (nivel isobárico de 200 hpa) y niveles bajos (700 hpa), además de espesores con la altura geopotencial (niveles entre 250 y 700 hpa) y relación de mezcla en niveles bajos para la zona de estudio (700 hpa), a través del visualizador Grads. En ese sentido, se realizaron figuras de climatología sinóptica con las variables mencionadas para la estación de verano, invierno y a nivel mensual para los meses más lluviosos (diciembre, enero,

febrero y marzo), debido a la importancia para la agricultura de secano que desarrolla la zona altoandina de Junín.

3.3.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA LLUVIA

a) Caracterización Climática

Para conocer el régimen pluviométrico característico de la zona de estudio, se elaboró climogramas que permiten identificar la distribución temporal de las lluvias a lo largo de la campaña agrícola. En ese sentido, primero se realizó un control de calidad a los datos de lluvia. Esta actividad preliminar, consistió inicialmente en un análisis exploratorio que tiene como finalidad conocer la naturaleza interna de la variable meteorológica, identificar posibles saltos, valores atípicos, distribución, concentración y variación de los datos, de esta manera se disminuye el grado de incertidumbre de la validez de los datos.

Los software utilizados fueron: RclimDex (Xuebin, 2004) y RclimTool (Llanos y Álvarez, 2014). Luego se verificó los datos dudosos en las planillas manuales meteorológicas del SENAMHI, eliminándose o corrigiendo los datos por mala digitación.

Con las series históricas de lluvia con el control de calidad adecuado, se generaron los promedios mensuales por estación para periodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde el 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre del 2010 (OMM, 2011), con la finalidad de obtener normales climatológicas reglamentarias y obtener una base uniforme para realizar comparaciones internacionales.

Posteriormente, se obtuvo las normales climáticas mensuales permitiendo definir el inicio y duración de dos importantes estaciones contrastantes en la sierra de Junín, la época lluviosa y la época de estiaje; para ello se calculó la contribución de la lluvia mensual con respecto al promedio anual, considerando al primer mes de la temporada de lluvias a aquel que alcance un porcentaje superior o igual a 8,3 por ciento, y fin de la temporada lluviosa a el

último mes de una serie consecutiva que acumule una cantidad de lluvia menor o igual a 8,3 por ciento (Schrooder, 1966) .

b) Variabilidad interanual de la lluvia

Estudios anteriores y actividades ancestrales consideran que el sector agrícola es altamente vulnerable a la variabilidad climática. Gran parte de esta variabilidad se le atribuye a aspectos relacionados al ENSO. Considerando ese contexto, se profundizará el análisis de la variabilidad interanual a través de la identificación de zonas homogéneas mediante el Método del Vector Regional (Espinoza, 2005), cuya finalidad es conocer y definir zonas con la misma influencia climática, siendo el vector regional un buen indicador de la variabilidad climática, además de la crítica de datos pluviométricos.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), en reconocimiento a la necesidad de establecer una base estable para el análisis a largo plazo del cambio climático o la variabilidad del clima, recomienda usar periodos de mayor record histórico. En este estudio, se realizó el análisis de la variabilidad interanual de las lluvias para el periodo: 1965-2014. Para ello, se utilizó el software HYDRACCESS, desarrollado en el marco del programa HYBAM (Vauchel, 2005), para obtener índices anuales temporales que consideraron sólo los acumulados de lluvias para dos etapas importantes para el sector agrícola; la primera etapa es de setiembre a noviembre (inicio de la campaña agrícola), y la segunda etapa corresponde a los meses de enero a marzo (temporada más lluviosa y crecimiento de los cultivos).

Inicia con el concepto de obtener una estación ficticia, que viene a ser una “especie de promedio” del conjunto de estaciones meteorológicas de la zona homogénea, el cual se denominará estación “vector”, pero en lugar de emplear un promedio simple, obtiene una lluvia media extendida, donde se considera los problemas de peso de las estaciones más lluviosas sobre las menos lluviosas y la falta de datos.

Esta “estación ficticia” que representará a una zona climática puede estar representada por un vector cuya esperanza matemática sea igual a 1, según el método Brunet-Moret (1979), mediante la siguiente expresión:

$$\frac{P_{ij}}{P_j} = Z_i + E_{ij}$$

Donde:

P_{ij} = Lluvia anual en la estación j en el año i

P_j = Lluvia media extendida al periodo de N años

Z_i = Índice pluviométrico regional del año i

E_{ij} = Fluctuación aleatoria del año i de la estación j

Con la finalidad de determinar cada P_j y Z_i , se emplea el método de Mínimos Cuadrados, el cual consiste en la minimización de la sumatoria de la ecuación:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_j} - Z_i \right)^2$$

Donde:

i = Índice del año

j = Índice de la estación

N = Número de años

M = Número de estaciones

Si en el año i, se considera p estaciones y se deriva la ecuación por Z_i , se obtiene:

$$Z_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \left(\frac{P_{ij}}{P_j} \right)$$

Con ello se obtiene el índice pluviométrico regional por año, donde el conjunto de datos son conocidos como el vector regional. Asimismo, para cada índice anual pluviométrico que se obtiene para cada estación meteorológica le corresponde la serie de valores de $\frac{P_{ij}}{P_j}$.

Para el cálculo de los vectores regionales y estimar la media extendida, se seleccionó el método de Brunet Moret, éste método considera que el índice regional de un año es el promedio de los índices de todas las estaciones. Sin embargo, toma la precaución de filtrar los índices de las estaciones que se alejan demasiado del promedio, puesto que el promedio es influenciado por los valores extremos. De la misma manera, la media extendida de una estación se calcula a partir de la media de los valores observados o estimados, siempre después de filtrar los valores que se alejan demasiado de los valores de las estaciones vecinas para un mismo año. La filtración de los valores que se alejan demasiado del promedio se hace en forma iterativa. Cuando tales valores se detectan durante una iteración, son remplazados por su estimación por medio del Vector que acaba de calcularse, y el cálculo recomienza con estos nuevos valores, hasta obtener un Vector Regional con ningún valor demasiado alejado. Por lo tanto se puede notar que a pesar de filtrar los valores demasiado alejados del promedio, estos valores guardan una cierta influencia sobre el Vector Regional calculado.

Se selecciona este método, en base a los resultados de Espinoza (2005) donde muestra que existe menos limitaciones que el método de Hiez (se base en el cálculo de la moda) para la región andina.

Determinación de una zona homogénea

Una vez obtenido el vector regional de índices anuales pluviométricos, el software HYDRACCESS, proporciona varias hojas de cálculo en Microsoft Excel, donde se analiza la calidad de una estación respecto al vector, evaluándose tres principales parámetros que se consideran importantes para la pertenencia de una misma zona homogénea:

- ✓ La Desviación Estándar de los Desvíos (D.E.D): compara la desviación de una estación respecto al vector; es decir, para estaciones meteorológicas que poseen un mismo o similar régimen pluviométrico, se espera un D.E.D cercano y un valor bajo que indique desviaciones pequeñas.
- ✓ La correlación entre la estación y el vector: si la zona es homogénea climáticamente los valores serán cercanos entre sí; mientras que si la

correlación estación/vector presenta valores muy bajos o negativos no corresponden a la misma zona climática. La estación excluida puede deberse a que se encuentra en los límites de la región analizada; se encuentre en una micro-región de la zona homogénea analizada y/o la estación contenga en su serie de tiempo una mayor probabilidad de datos erróneos.

- ✓ Suma de los índices anuales del vector y las estaciones, observando que se presente poca pendiente en las gráficas para una buena relación de la estación meteorológica con el vector regional.

De manera que cada vector regional encontrada, muestre que la variabilidad pluviométrica de esa zona sea semejante al comportamiento de las estaciones meteorológicas que lo constituyen y en consecuencia, un buen indicador de la variabilidad climática de la región (Espinoza, 2005).

Para esta metodología, se utilizó la información pluviométrica de las estaciones meteorológicas distribuidas dentro y en sus alrededores de la zona altoandina de Junín (Pasco, Lima y Huancavelica), totalizando 34 estaciones meteorológicas base. A continuación, se muestra en la figura 12, el esquema de los procesos y consideraciones necesarios para la obtención y determinación de zonas pluviométricas homogéneas, a manera de resumen de la descripción en párrafos anteriores.

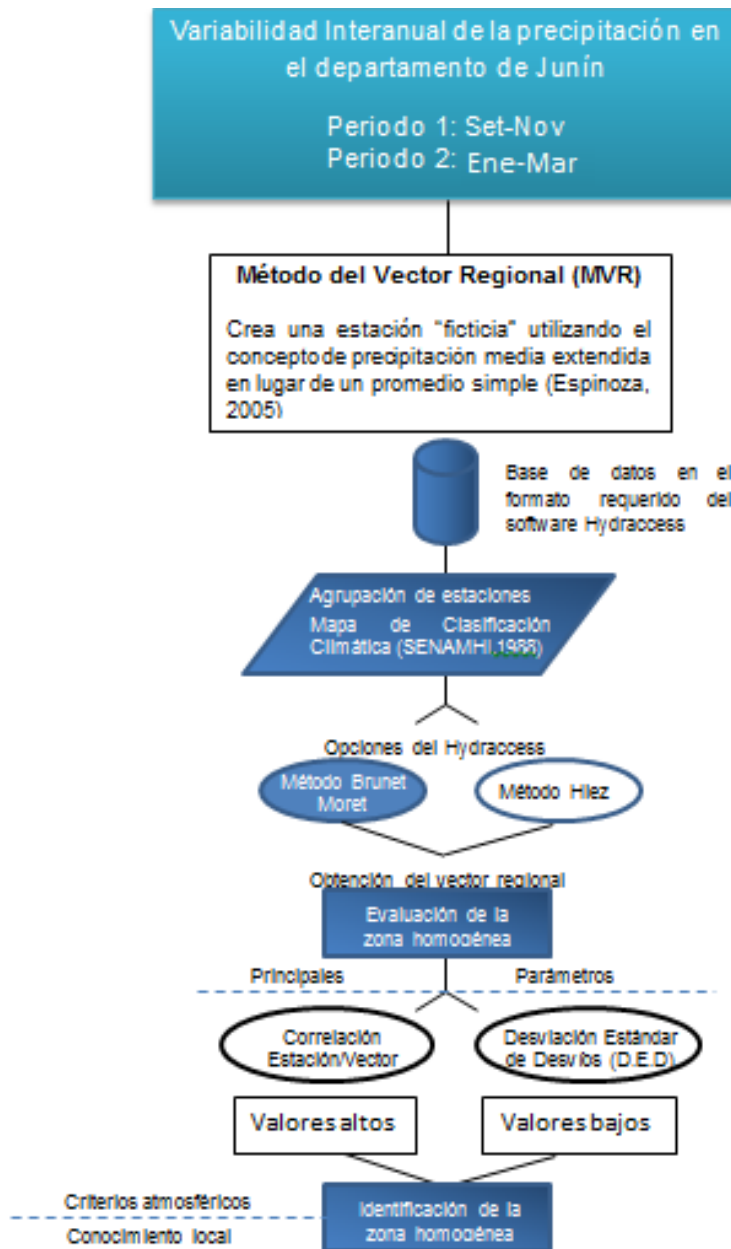


Figura 14. Esquema del proceso de obtención de zonas pluviométricas homogéneas.

FUENTE: Elaboración propia

3.3.3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN LA LLUVIA.

La metodología utilizada en esta investigación tiene como finalidad encontrar respuestas o señales climáticas para determinar el comportamiento futuro de las lluvias, basados en el análisis de desfase (Lag) de tiempo para ambos índices: ONI e ICEN; considerando que las alteraciones de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el océano Pacífico Tropical influyen en la variabilidad climática en diferentes zonas del mundo a escala global.

Para este análisis, la tabla 13 muestra a las 15 estaciones meteorológicas seleccionadas ubicadas dentro de la zona de interés, éstas presentaron calidad de información continua durante el periodo: 1965-2014, las cuales se utilizaron para el análisis de la influencia de las fases ENSO sobre las anomalías de las lluvias a través del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 13: Estaciones meteorológicas seleccionadas para el análisis con los índices ONI e ICEN con la lluvia.

| Nombre | Tipo | Departamento | Provincia | Distrito | Cuenca | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) | Periodo |
|-------------------|------|--------------|------------|------------------------------|---------|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| San Juan de Jarpa | CO | Junín | Chupaca | San Juan de Jarpa | Mantaro | 12° 07'30 | 75° 25'55 | 3650 | 1997-2014 |
| Huayao | CP | Junín | Chupaca | Huachac | Mantaro | 12° 02'1 | 75° 20'20 | 3360 | 1965-2014 |
| Laive | CO | Junín | Chupaca | Yanacancha | Mantaro | 12° 15'8 | 75° 21'19 | 3831 | 1965-2014 |
| Ingenio | CO | Junín | Concepción | Santa Rosa de Ocopa | Mantaro | 11° 52'51 | 75° 17'16 | 3422 | 1965-2014 |
| Comas | CO | Junín | Concepción | Comas | Perene | 11° 44'54,96 | 75° 07'45,12 | 3640 | 1965-1978 1993-2014 |
| Santa Ana | MAP | Junín | Huancayo | El Tambo | Mantaro | 12° 00'16 | 75° 13'16 | 3302 | 1992-2014 |
| Viques | CO | Junín | Huancayo | Viques | Mantaro | 12° 09'45 | 75° 14'3 | 3186 | 1965-2014 |
| Jauja | CO | Junín | Jauja | Jauja | Mantaro | 11° 46'59,16 | 75° 28'45,84 | 3360 | 1965-2014 |
| Ricrán | CO | Junín | Jauja | Ricrán | Perene | 11° 32'32 | 75° 31'31 | 3687 | 1965-2014 |
| Tarma | CO | Junín | Tarma | Tarma | Perene | 11° 23'49 | 75° 41'25 | 3200 | 1965-2014 |
| Huasahuasi | CO | Junín | Tarma | Huasahuasi | Perene | 11° 15'14 | 75° 37'37 | 3359 | 1965-1976 1994-2014 |
| La Oroya | CO | Junín | Yauli | Santa Rosa de Sacco | Mantaro | 11° 34'34 | 75° 57'56 | 4007 | 1993-2014 |
| Carhuacayan | PLU | Junín | Yauli | Santa Barbara de Carhuacayan | Mantaro | 11° 12'1 | 76° 17'1 | 4150 | 1969-2014 |
| Yantac | CO | Junín | Yauli | Marcapomacocha | Mantaro | 11° 20'1 | 76° 24'1 | 4684 | 1969-2014 |
| Marcapomacocha | CO | Junín | Yauli | Marcapomacocha | Mantaro | 11° 24'17 | 76° 19'31,1 | 4479 | 1965-2014 |

FUENTE: SENAMHI. Elaboración propia.

La metodología planteada por Baigorria (2013), consiste en agrupar los datos mensuales históricos de la lluvia, dependiendo del mes de interés a diagnosticar y/o pronosticar, en

tres categorías (o fases) para ambos índices de teleconexión; la fase positiva se asocia a condiciones “El Niño”, la fase negativa a condiciones “La Niña” y la fase neutra incluirá lluvias mensuales de cada año que presenta condiciones normales. Realizada el ANOVA, se procedió a identificar que fases ENSO difieren en su efecto aplicándose el test de Duncan (ver Anexo 4); a través del cual se obtuvo el tipo de significancia estadística producto de la comparación de la media y la desviación estándar entre cada una de las categorías mencionadas.

Para verificar la significancia estadística de la hipótesis nula (las muestras para cada categoría ENSO sean iguales) con un nivel de significancia de α , se requiere un p-valor resultante menor o igual a α para rechazar la hipótesis nula y ser considerado estadísticamente significativo (Wilks, 2006). Se consideró la señal climática con significancia estadística a un p-valor $< 0,1$.

Se define el p-valor como la probabilidad de error que se incurre en caso de rechazar la hipótesis nula con los datos que disponemos, es decir cuantifica el riesgo que se asume al rechazar la hipótesis nula. Por el contrario, si p-valor es mayor que la significatividad (α) la probabilidad de equivocarse en caso de rechazar la hipótesis nula sería superior, por lo que no se rechaza sino se acepta la hipótesis nula.

El P-valor se calcula a través de la siguiente expresión:

$$P_{valor} = p[Z > |Z_{obs}|] + p[Z < -|Z_{obs}|]$$

$$Z_{obs} = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

Donde:

P: Probabilidad

Z: Estadístico de contraste, utilizando en esta investigación la prueba de Duncan

\bar{x} : Media simple

μ : Media poblacional

S : Desviación estándar de la muestra

n: Número de observaciones

En este sentido, si la prueba estadística evidencia que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las distribuciones de las fases Enso (positiva, neutra y negativa), se procede a clasificar los índices mensuales de teleconexión que influyen de manera directa en el comportamiento de las lluvias asociado a la fase positiva y negativa del índice de teleconexión. La evaluación se realizó con índices de teleconexión de hasta cinco meses de anterioridad (lag 0, lag 1, lag2, lag3, lag 4 y lag5) para los meses que comprenden, en promedio, la mayor siembra y desarrollo del cultivo en la campaña grande pues dependen de la ocurrencia de las lluvias entre octubre y marzo.

La figura 13 muestra el interfaz del software “Categorical CropClimate Forecasting Tool (CCFT)” (Baigorria, 2013), donde se encuentra automatizado los procesos operativos para la obtención de los resultados que se describieron en los párrafos anteriores.

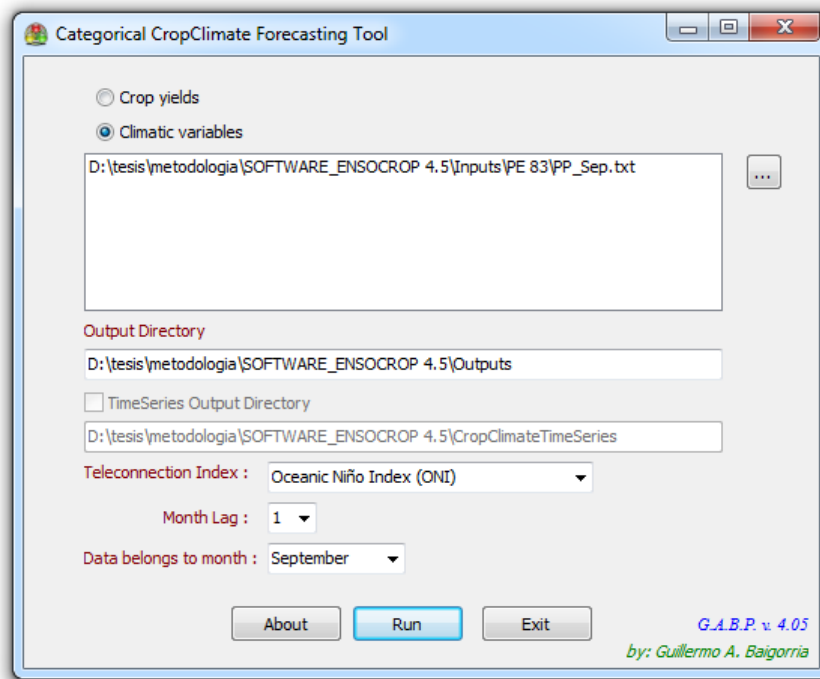


Figura 15: Visualización del software CCFT versión 4.05, utilizando la opción “Climatic variables”.

En la parte superior se selecciona la opción “Climatic variables”, luego se ingresan los valores mensuales seleccionándose el índice de teleconexión a evaluar (por ejemplo: ONI); para la obtención de la salida mostrada en la figura 3, y el posterior análisis se elige Lag 0 (diagnóstico), Lag 1, Lag 2, Lag 3, Lag 4 (pronóstico) de acuerdo al diagnóstico y/o pronóstico con los meses de anterioridad de los índices respecto al mes ingresado en “Data belong to month”. El archivo CSV de salida se genera en la carpeta “Outputs” donde se instaló en CCFT.

Las salidas del CCFT contienen la identificación de las estaciones meteorológicas, la lluvia media, la desviación estándar de la lluvia, el número de años con datos para las tres categorías y finalmente el p-valor, las cuales son mostradas en la figura 14.

| Datos de la estación meteorológica | | | | Media | | | Desviación estándar | | |
|------------------------------------|---------|----------|-----------|---------------|--------------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| Estación | WS_Name | Latitude | Longitude | PositivePhase | NeutralPhase | NegativePhase | PositivePhase | NeutralPhase | NegativePhase |
| Jauja | 2301 | -11.78 | -75.48 | 31.538 | 22.192 | 29.487 | 16.468 | 10.274 | 24.961 |
| Marcapomacocha | 2303 | -11.40 | -76.32 | 64.585 | 54.527 | 70.627 | 32.273 | 37.052 | 34.347 |
| Tarma | 2305 | -11.40 | -75.69 | 18.393 | 10.460 | 18.886 | 8.413 | 8.121 | 15.626 |
| Huasahuasi | 2307 | -11.25 | -75.62 | 30.418 | 17.156 | 33.623 | 26.312 | 8.885 | 27.856 |
| Comas | 2309 | -11.75 | -75.13 | 54.500 | 56.533 | 42.829 | 24.495 | 11.117 | 14.806 |
| Viques | 2315 | -12.16 | -75.23 | 27.367 | 25.913 | 17.950 | 23.190 | 22.532 | 18.643 |
| Huayao | 2317 | -12.03 | -75.34 | 41.455 | 36.039 | 47.215 | 19.347 | 14.338 | 30.668 |
| Laive | 2319 | -12.25 | -75.35 | 65.693 | 35.850 | 52.047 | 94.826 | 28.097 | 30.339 |
| Yantac | 2321 | -11.33 | -76.40 | 48.273 | 30.814 | 55.119 | 25.503 | 16.653 | 23.369 |
| Ricrán | 2323 | -11.54 | -75.53 | 27.694 | 28.287 | 25.900 | 11.964 | 25.050 | 13.410 |
| Ingenio | 2325 | -11.88 | -75.29 | 26.647 | 23.450 | 37.713 | 17.224 | 12.557 | 22.631 |
| Santa Ana | 2327 | -12.00 | -75.22 | 33.843 | 31.050 | 31.314 | 16.994 | 13.941 | 28.214 |
| San Juan de Jarpa | 2329 | -12.13 | -75.43 | 51.800 | 45.625 | 42.617 | 15.645 | 14.546 | 26.931 |
| La Oroya | 2331 | -11.58 | -75.97 | 44.100 | 28.414 | 24.829 | 17.480 | 12.249 | 16.291 |
| Carhuacayán | 2333 | -11.20 | -76.28 | 51.246 | 45.225 | 45.643 | 24.025 | 36.153 | 31.008 |

| P - valor | Número de años por fase (categoría) | | | Fase cálida | Fase fría |
|-----------|-------------------------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------|
| ↓ | PositivePhase | NeutralPhase | NegativePhase | ↓ | ↓ |
| P-valor | PositivePhase | NeutralPhase | NegativePhase | Dif_PositivePhase | Dif_NegativePhase |
| 0.4099 | 16 | 12 | 15 | 0.0 | 0.0 |
| 0.4472 | 13 | 15 | 15 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0816 | 15 | 15 | 14 | 0.0 | 0.0 |
| 0.2710 | 11 | 9 | 13 | 0.0 | 0.0 |
| 0.3455 | 7 | 6 | 7 | 0.0 | 0.0 |
| 0.4259 | 15 | 15 | 16 | 0.0 | 0.0 |
| 0.3255 | 20 | 18 | 20 | 0.0 | 0.0 |
| 0.5678 | 15 | 8 | 15 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0152 | 15 | 14 | 16 | 1.0 | 1.0 |
| 0.9240 | 17 | 16 | 16 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0835 | 17 | 14 | 16 | 0.0 | 0.0 |
| 0.9596 | 7 | 8 | 7 | 0.0 | 0.0 |
| 0.7396 | 6 | 4 | 6 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0718 | 7 | 7 | 7 | 0.0 | 0.0 |
| 0.8564 | 13 | 12 | 14 | 0.0 | 0.0 |

Figura 16: Formato de salida del software CCFT versión 4.05

Posteriormente, los resultados obtenidos asociados a las condiciones cálidas y frías (fase positiva y negativa respectivamente) de los índices ONI e ICEN se espacializaron en mapas, obteniéndose a un 90 por ciento de confianza cantidades sobre, alrededor o debajo de lo normal considerando estos escenarios (condiciones El Niño y La Niña).

3.3.4. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

El riesgo de la producción de cualquier cultivo suele depender de la variabilidad climática, pero también de otros factores como: plagas y enfermedades, tipo de semilla, mercado, entre otros; que en conjunto pueden tener un efecto significativo sobre la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo de la agricultura desarrollada (Fraisse et al., 2007). Es por ello que, determinar la influencia del ENSO en los rendimientos a través de escenarios pueden contribuir a minimizar los impactos del clima.

En ese sentido, se examinó las fases ENSO, con los índices ONI e ICEN, y su posible efecto en los rendimientos distritales del cultivo de papa de las 7 provincias de Junín pertenecientes a la zona altoandina de la Junín. Las variables requeridas del cultivo fueron: rendimiento, superficie sembrada y superficie cosechada. Con ello, se calculó previamente los residuales de rendimiento y las fechas de siembra y cosecha, para realizar el análisis de varianza y el cálculo del P-valor.

a) Preparación de los datos del cultivo de papa

Para el cálculo de los residuales anuales de rendimiento se requirió el mayor record de las series históricas estadísticas disponibles a nivel distrital, brindadas por la Dirección Regional de Junín (DRJ) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Con dicha información se realizó un control de calidad básico a los rendimientos para las campañas agrícolas desde 1997/1998 al 2015/2016.

Asimismo, con la finalidad de reducir la influencia de nuevas tecnologías, variedades mejoradas, plagas, entre otros, así como las diferencias locales o regionales promedio de la productividad entre los distritos productores, se generó una línea de tendencia (Fraisse et al., 2007; Cristopher et al., 2004) para cada uno de ellos.

La primera variable para el análisis de los índices de teleconexión ENSO en el comportamiento de los rendimientos, consistió en el cálculo del residual normalizado anual para los cultivos de papa, a través de la expresión:

$$y_r = 100x\left[\left(\frac{y_o}{y_t}\right) - 1\right]$$

Donde:

y_r = Porcentaje del residual del rendimiento

y_o = Rendimiento observado por campaña

y_t = Tendencia lineal del rendimiento generado para cada distrito

Estos residuales del rendimiento se encuentran en archivos independientes por cada distrito en el módulo de cultivo del software CCFT, las cuales fueron usadas como insumo en el ANOVA.

La segunda variable, fue la definición del mes promedio de siembra y cosecha para cada distrito, basados en el porcentaje de la superficie sembrada y cosechada de cada campaña agrícola entre 1996-97 al 2015-16. Se escogió al mes con mayor porcentaje de siembra o cosecha y se tabuló en una hoja de cálculo (CSV).

Con ambas variables, residuales de rendimiento (archivo llamado PT_TO_PERU_DEPART.csv) y fechas de siembra y cosecha a nivel distrital (archivo llamado PT_TO_PERU_Planting_Harvest.csv), se ingresan como input al software CCFT, como se muestra en la figura 15.

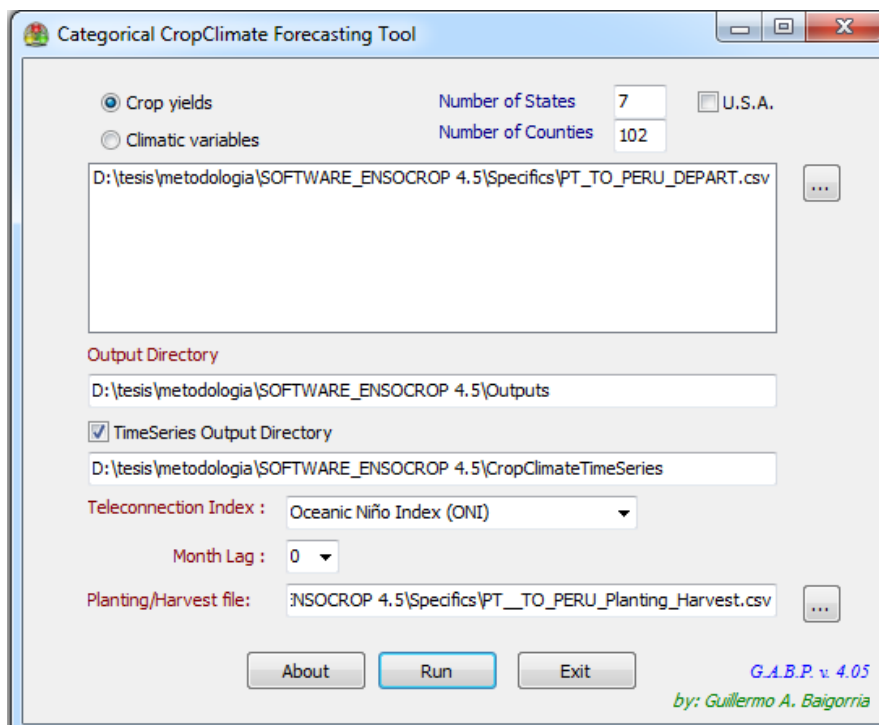


Figura 17: Visualización del software CCFT versión 4.05, utilizando la opción “Crop yields”.

b) Análisis de la significancia estadística para las fases ENSO basado en la distribución del rendimiento

De acuerdo a la hipótesis planteada, se buscará cambios entre las fases ENSO al finalizar la temporada de cosecha del cultivo, comparando las respuestas observadas de los rendimientos en la zona altoandina de Junín ante los índices mensuales de teleconexión ONI e ICEN. La aplicación de estos índices mensuales ENSO no es tan directa como es el caso de la lluvia, dado que la temporada de cosecha se lleva a cabo luego (o durante) de varios meses.

En la figura 18, se muestra los procesos utilizados de la metodología conceptual para esta sección, donde se categoriza los años en grupos para la fase positiva, neutral y negativa en base a los índices de teleconexión, similar a la evaluación de estos índices en el comportamiento de la lluvia descrita anteriormente en la sección 3.3.3. Sin embargo, para

la evaluación de los rendimientos de papa se toma en cuenta la fecha de siembra y cosecha, considerando como mes de referencia a la siembra para iniciar el diagnóstico de la influencia de las fases ENSO.

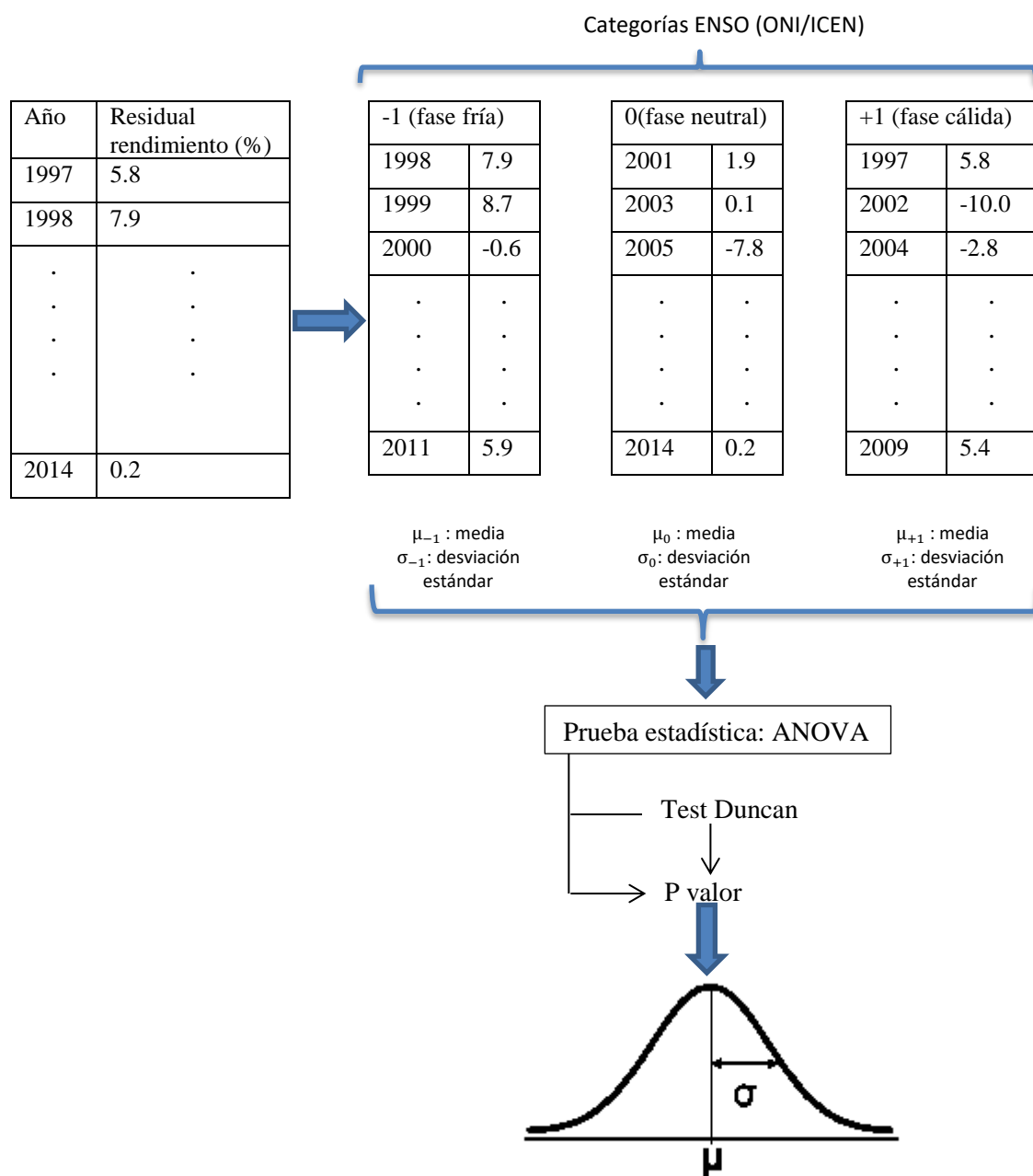


Figura 18: Esquema de los procesos utilizados para el análisis de la influencia del ENSO en los rendimientos del cultivo de papa.

Al agrupar los residuales de rendimiento del cultivo para cada fase ENSO, se considera “Lag 0” al índice del mes de referencia de la fecha de siembra y se procedió a realizar el ANOVA. En ese sentido, se calculó la media y la desviación estándar y la aplicación del Test de Duncan para encontrar las diferencias significativas con la obtención del P-valor.

Para rechazar la hipótesis nula, se considera P-valor inferior o igual a los niveles de significancia (α) de 0.1, dado que se reconoce que los fenómenos de variabilidad agrícola en el campo son tan grandes que $p \leq 0,1$ es significativo y $p \leq 0,05$ es altamente significativo (Kachingan, 1991). La obtención del P-valor para el diagnóstico del rendimiento (Lag 0) es realizada con el software CCFT, el cual incluye estos procesos específicos automatizados de manera independiente para cada distrito en el módulo de cultivos.

Luego del cálculo estadístico de los residuales de los rendimientos del cultivo de papa, se analizó y espacializó los resultados en términos porcentuales considerando los escenarios asociados a las fases positiva, neutral y negativa, a un 90 por ciento de confianza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

El comportamiento promedio de las circulaciones atmosféricas que predominan en Sudamérica conjuntamente con la presencia de la cordillera de los Andes, juegan un rol importante en la determinación del clima regional y la variabilidad espacial y temporal de las lluvias en la sierra de Junín. Se analizaron los principales sistemas de gran escala, que propician un marcado régimen durante la época lluviosa (meses de verano) y seca (meses de invierno), en el nivel cercano a la superficie (700 hpa) para la zona de estudio y niveles altos (200 hpa) de la tropósfera. En tonalidades verdes y plomo se muestra la relación de mezcla (g/kg) a nivel de 700 hpa superponiéndose los flujos de viento en ese nivel (figura 17 y 18) y así conocer su relación con el contenido de humedad. Asimismo, a nivel mensual se analizan los espesores de geopotencial entre los niveles de 250 y 700 hpa en la figura 19.

Los principales sistemas atmosféricos de gran escala observados son: La Alta de Bolivia (AB), Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), Anticiclón del Pacífico Sur, Anticiclón Atlántico Sur y la Zona de Convergencia del Atlántico sur (ZCAS) (Gilford et al., 1992; SENAMHI, 2013).

4.1.1. PATRONES DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN VERANO

Nivel 700 hpa

En la figura 17a, se presenta la Zona de Convergencia Intertropical con una posición más al sur, entre los 6N-5S en el Pacífico (figura 19b), comparado con la temporada de invierno donde se orienta más en el hemisferio norte; este sistema atmosférico modula principalmente las precipitaciones en la zona ecuatorial y norte de Perú. El Anticiclón del

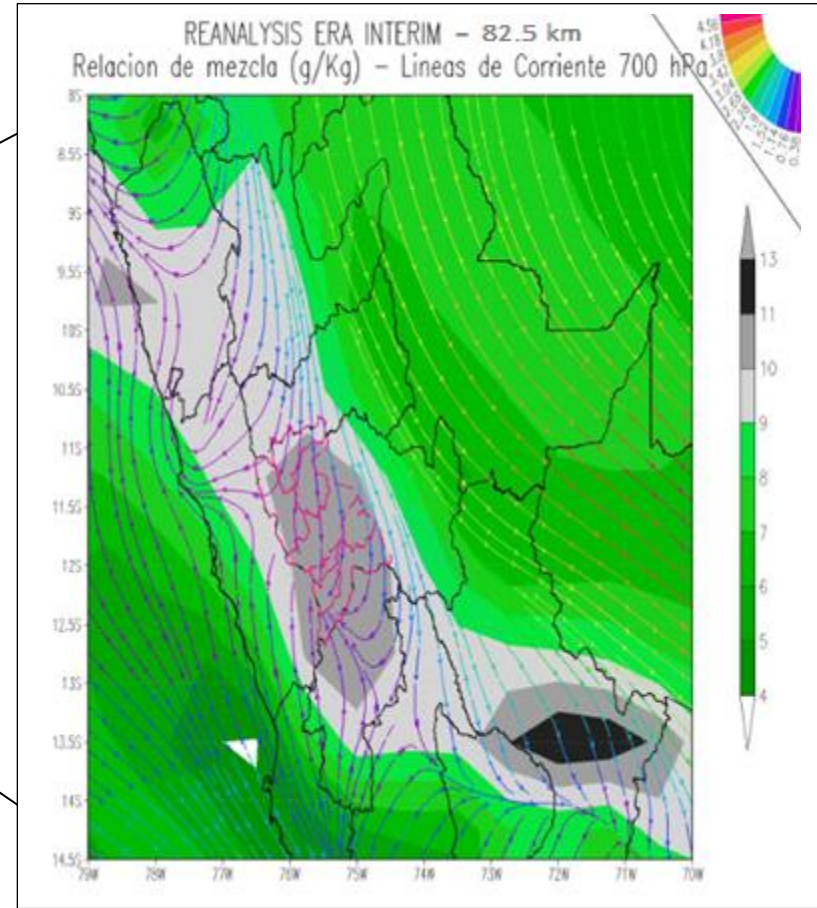
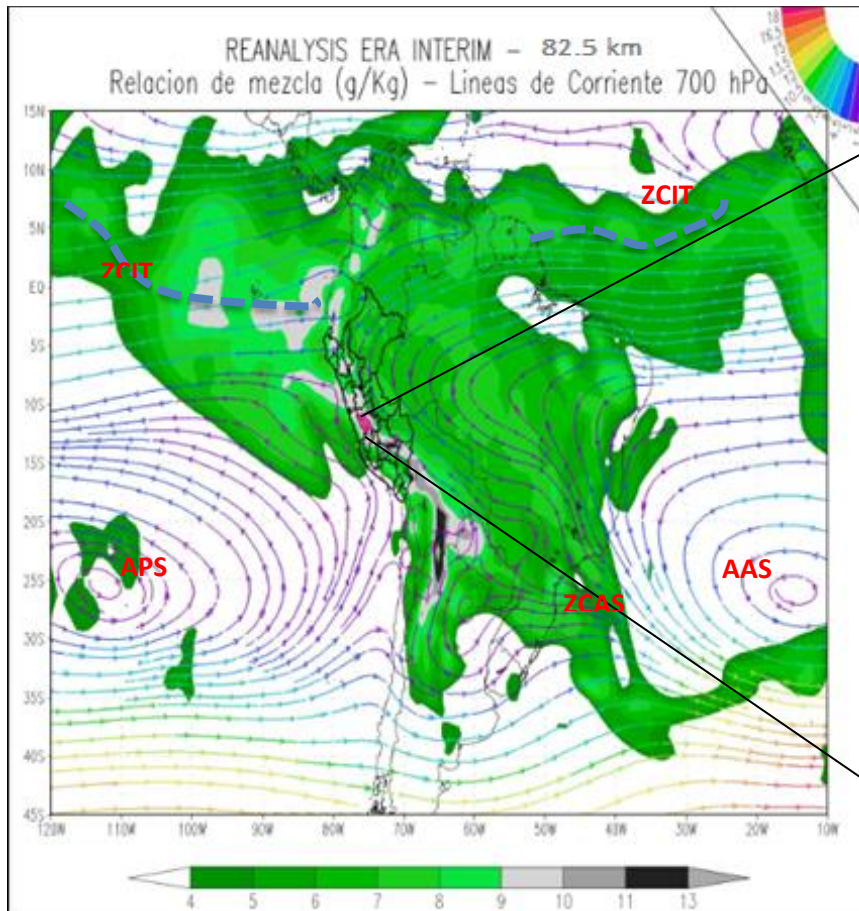
Pacífico Sur (APS), con núcleo de 25S/110W, modula los alisios, mientras que el Anticiclón del Atlántico Sur (AAS), con núcleo de 27S/11W, favorece el transporte de la humedad y calor latente de la cuenca amazónica hacia los andes. Otro sistema atmosférico importante comprende a la Zona de Convergencia del Atlántico Sur donde se presenta abundante precipitación, el cual se extiende diagonalmente en el sureste de Sudamérica donde converge el aire húmedo y cálido, apoyado por la intensificación del Anticiclón del Atlántico Sur.

En niveles cercanos a la superficie terrestre de la zona de interés, predominan vientos del noreste en gran parte de la sierra de Junín, convergiendo con vientos del sureste en las provincias de Huancayo y Chupaca; los vientos del noreste arrastran aire cálido y húmedo proveniente de los flujos del este de la cuenca amazónica que al chocar con la cordillera de los Andes modula el flujo del viento hacia el sur del país y del continente. Estas circulaciones típicas de la temporada lluviosa, contribuyen a la ocurrencia de lluvias con valores promedio de razón de mezcla de aproximadamente 10g/kg; este valor puede ser sobrestimado debido a la fuente de información numérica del modelo utilizado.

Nivel 200 hpa

En niveles altos de la atmósfera (12km) una circulación anticiclónica de origen térmico denominada “Alta de Bolivia”, ubicada el núcleo en 16S/61W (figura 19b), responde al calor sensible y latente liberado por la convección sobre la cuenca amazónica (Lenters y Cook, 1997), induciendo el ascenso vertical del aire húmedo en superficie propiciando formaciones nubosas con desarrollo vertical en los andes centrales coincidiendo el periodo lluvioso con la intensificación de flujos zonales del este. Este sistema, Alta de Bolivia, se acopla con la Vaguada del Noreste de Brasil para reforzar las lluvias en la vertiente oriental de los Andes y en consecuencia, la sierra de Junín presenta flujos provenientes del NE y en menor grado flujos del NW principalmente en la vertiente occidental de la cordillera.

a) 700 hpa



b) 200 hpa

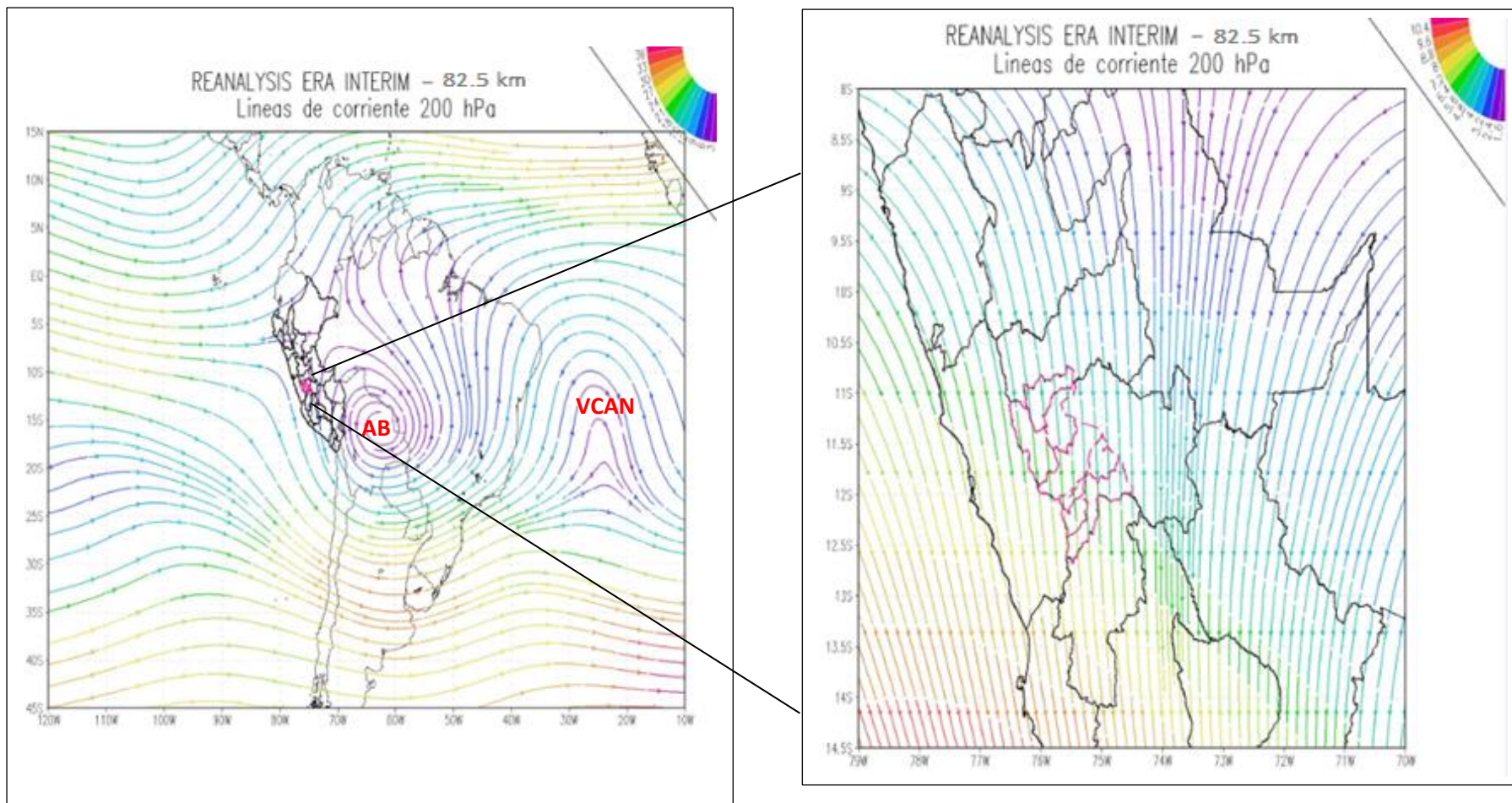


Figura 19: Caracterización de los patrones atmosféricos en verano

4.1.2. PATRONES DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE INVIERNO

Nivel 700 hpa

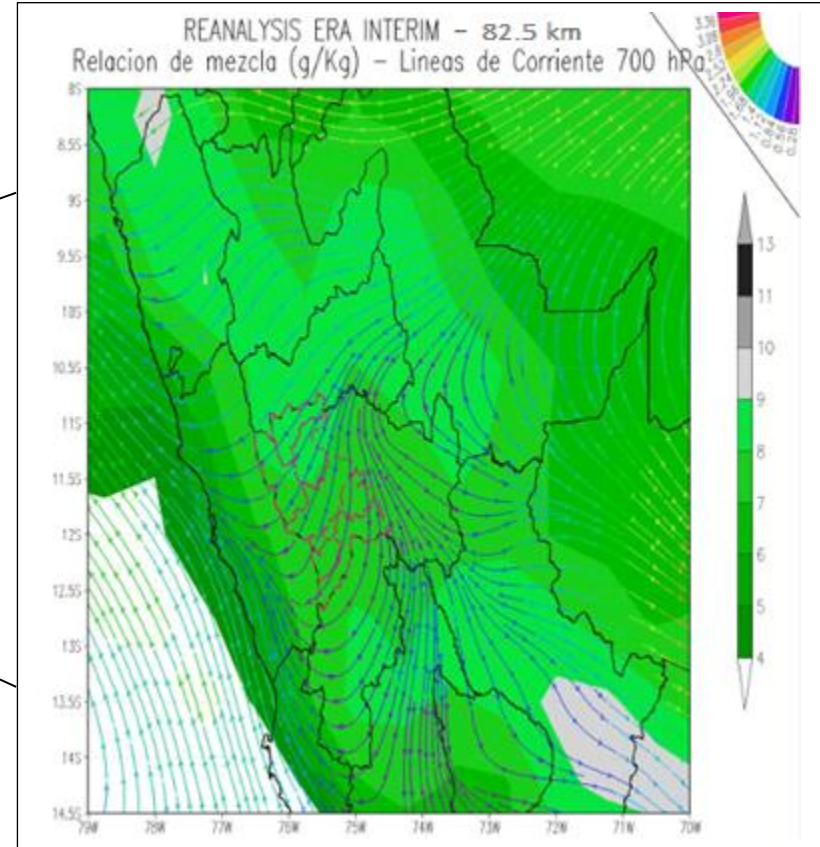
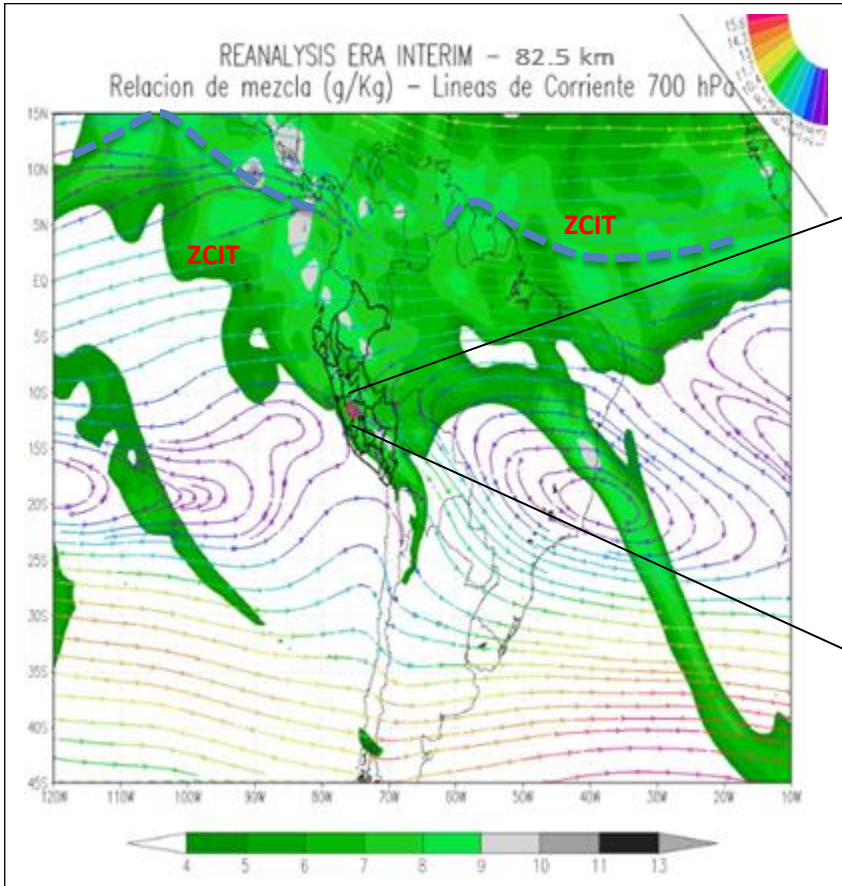
En niveles bajos, la ZCIT se posiciona alejada de la línea ecuatorial entre los 5N - 10N en el Pacífico, limitando el aporte de humedad al continente sudamericano para la convección. Conjuntamente a ese desplazamiento, el APS y el AAS tienden a acercarse más hacia continente, posicionándose entre los 15 a 25 °S. Asimismo, el debilitamiento de los vientos del este sobre la cordillera oriental disminuye el transporte de humedad de la cuenca amazónica, además el predominio de flujos divergentes en la sierra de Junín y la ausencia de la AB en niveles altos contribuyen a la escasa lluvia durante estos meses (figura 18a).

Respecto a la relación de mezcla observada sobre la sierra de Junín, según los datos de reanalysis ERA INTERIM, la temporada seca coincide con valores de humedad de 8g/kg en gran parte de la zona de estudio, a excepción de la zona norte de las provincias de Junín, Tarma y Yauli que presentan 9g de vapor de agua por cada kg de aire seco.

Nivel 200 hpa

En niveles altos, predominan flujos zonales en gran parte del hemisferio sur. A lo largo de la cordillera andina centro y sur, y por ende en la sierra de Junín (figura 18b), domina la componente oeste del viento transportando aire frío y seco sobre la región andina contribuyendo drásticamente a la disminución y ausencia de lluvias. Los patrones atmosféricos se diferencian significativamente a los de verano, pues se observa para esta época la desconfiguración de la AB generando estabilidad atmosférica propiciando el descenso de aire frío y seco hacia la superficie y caracterizando a la posición latitudinal y longitudinal con ausencia de nubosidad y la ocurrencia de bajas temperaturas.

a) 700 hpa



b) 200 hpa

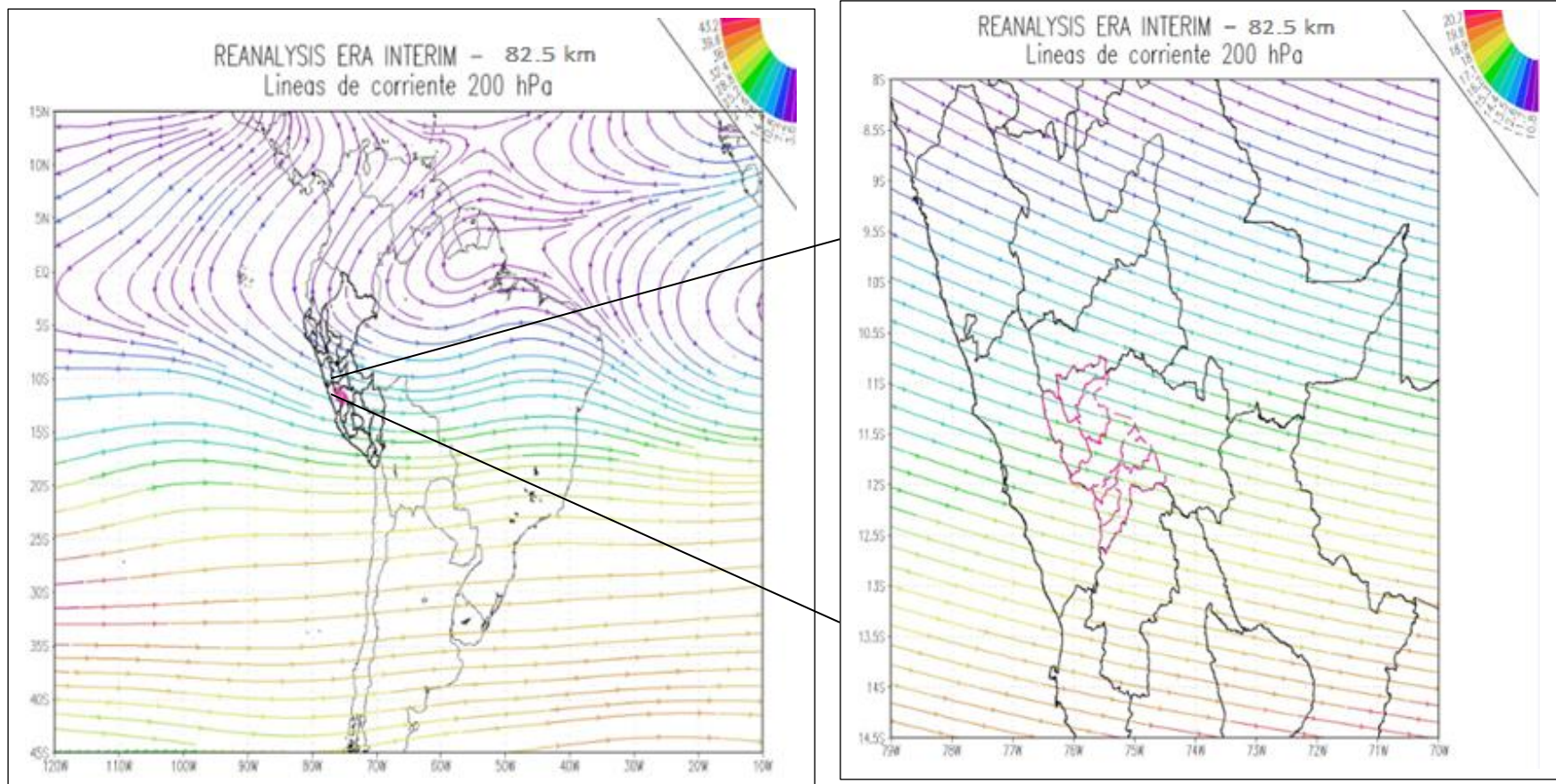
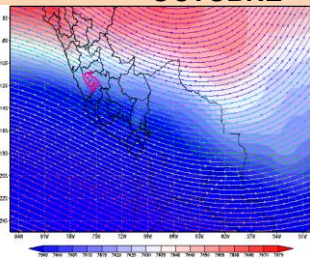


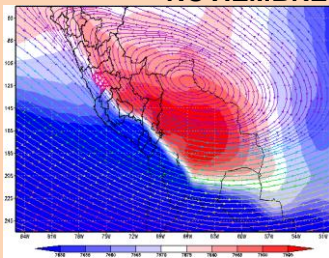
Figura 20: Caracterización de los patrones atmosféricos en invierno

ESTACIÓN LLUVIOSA (Octubre – Marzo)

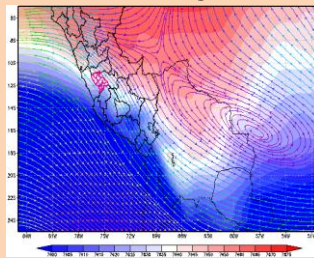
OCTUBRE



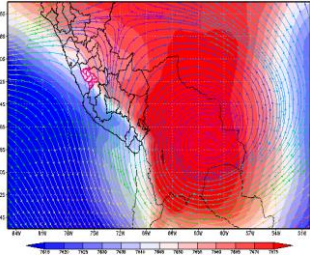
NOVIEMBRE



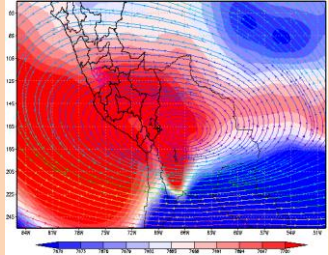
DICIEMBRE



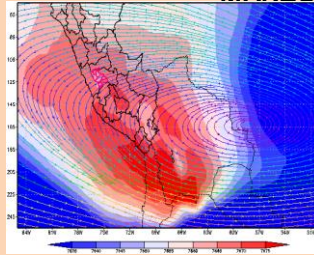
ENERO



FEBRERO



MARZO

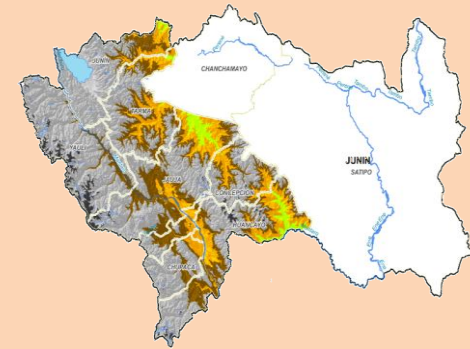
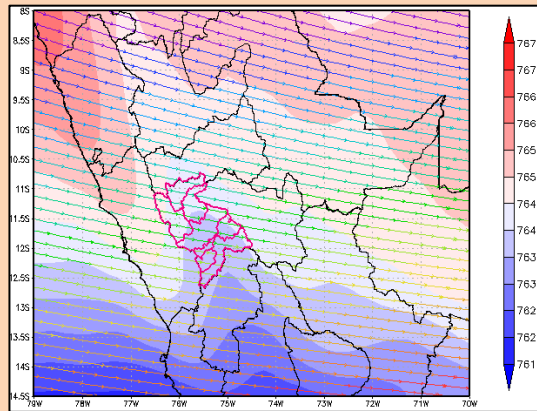


La sierra de Junín se extiende a lo largo de los Andes centrales del Perú comprendiendo altitudes de 2300 a 4800 m (750 - 550 hpa). En tonos azules y rojos se muestra el espesor geopotencial entre 700 y 250 hpa, el cual representa el grado de expansión atmosférica, siendo la capa más delgada (gruesa) cuanto más fría (caliente) sea el aire, respectivamente. En octubre, se observa que en la columna atmosférica predominan tonos azules con flujos que provienen del noroeste en niveles altos persistiendo condiciones propias de la culminación progresiva de la temporada seca; desde noviembre a marzo se incrementa la actividad convectiva sobre esta región producto del comportamiento estacional del vórtice anticiclónico que condiciona el ingreso de flujos del este transportando aire húmedo de la cuenca amazónica (Garreaud, 1999) y cuya acumulación energética se refleja en los tonos rojos explicando el régimen pluviométrico, siendo los meses de enero a marzo los más intensos.

El vórtice anticiclónico en niveles altos, denominado Alta de Bolivia (AB) muestra una posición y configuración que se encuentra intrínsecamente relacionada a la ocurrencia de la lluvia, el cual se detalla a continuación:

- En octubre, la AB empieza a desplazarse y configurarse en el norte del continente. Noviembre y diciembre se desplaza de norte a sur con orientación de noroeste y configuración diagonal sobre gran parte de la sierra y selva central y sur, prevaleciendo flujos del este siguiendo el giro anticiclónico. Sin embargo, en diciembre y enero se observa que las zonas altas de las provincias Yauli, Jauja, Chupaca, Concepción y Huancayo presentan algunos flujos del oeste que complican el comportamiento espacial pluviométrico de la zona de estudio.
- En enero y febrero, el núcleo de la AB se posiciona en Bolivia orientándose en febrero más cerca al territorio peruano, con una configuración meridional, alcanzando los valores más altos del espesor geopotencial incrementando su expansión atmosférica generalizándose las lluvias en Junín.
- En Marzo, empieza a debilitarse la AB alejándose de su posición estacional aproximándose la culminación de la estación lluviosa.

ESTACIÓN SECA



En niveles altos, predominan flujos zonales de aire seco del oeste en la estación seca (junio-agosto) coincidiendo con una capa más fría del aire (predominan tonos azules) comparado con el verano. En consecuencia se presentan cielos despejados a nivel diurno y nocturno provocando periodos secos. Durante este periodo suele ser ausente la actividad agrícola debido a la deficiencia de lluvias y la exposición a la ocurrencia de eventos de heladas meteorológicas, definiendo el comportamiento pluviométrico el calendario agrícola de la zona.

Figura 21: Climatología Sinóptica mensual en la sierra de Junín - Reanalysis ERA-INTERIM

4.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA LLUVIA

A continuación se describen los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología planteada.

4.2.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En la sección anterior se comprendió que el régimen pluviométrico responde al ascenso de aire caliente y húmedo proveniente de la cuenca amazónica, que al impactar con la cordillera central producen lluvias de origen orográfico. La figura 22 muestra el comportamiento temporal de las lluvias en las estaciones meteorológicas distribuidas en la zona alto andina de Junín.

En la totalidad de estaciones meteorológicas predominan dos periodos marcados, una temporada lluviosa y otra época seca, siendo importante para la definición del calendario agrícola y actividades afines. El primero inicia con lluvias esporádicas en agosto, incrementando paulatinamente hacia el mes de octubre y alcanzando cantidades máximas en el primer trimestre del año y valores mínimos en los meses de invierno. Los valores promedio mensual de las estaciones meteorológicas son mostrados en el Anexo 5.

El mes de setiembre, la región natural Quechua es caracterizada por alcanzar cantidades promedios de lluvia que oscilan entre 25,7 a 58,5 mm a excepción de las estaciones meteorológicas Tarma y Runatullo que totaliza 13,4 y 63,3 mm, respectivamente; conforme se incrementa la altitud, en la región Suni predominan valores promedio entre 29,8 a 51,4 mm. Hacia el noroeste corresponde a zonas de mayor altitud de Junín, comprendiendo a la Puna húmeda y alcanzando los mayores acumulados hasta 60,3 mm en promedio.

En octubre y noviembre, las lluvias presentan similar comportamiento, acumulando en promedio cantidades entre 31,9 a 112,7 mm en la región Quechua, valores entre 67,1 a 96,9 mm en la región Suni y llegando hasta 99,3 mm en la región Puna.

En los meses de verano (diciembre a febrero), se acentúa la distribución espacial y las intensidades de las lluvias en la zona altoandina debido al acoplamiento de los patrones atmosféricos; comprendiendo cantidades promedio entre 81,6 a 173,0 mm en las partes más bajas, entre 99,6 a 147,5 mm en la región Suni y totalizando cantidades promedio hasta 175,9 mm en la Puna. En este periodo, se presentan los mayores acumulados para la estación Tarma, sin embargo alcanza cantidades inferiores al resto de estaciones meteorológicas ubicadas en la región Quechua, acumulando entre 50,4 a 59,7 mm.

En marzo, empiezan a disminuir las lluvias, a excepción de la estación Marcapomacocha que presenta pico máximo en este mes. Próximo al mes de abril y los meses de invierno se presentan valores mínimos del año, principalmente en el mes de julio con un rango entre 3,2 a 11,8 mm en la región Quechua y entre 9,9 a 28,2 mm en la región Suni y Puna, siendo más frecuentes cielos despejados.

En base a las cantidades promedio de las lluvias mensuales y anuales se calcularon la distribución porcentual de las lluvias para definir el inicio y duración de la temporada lluviosa, mostradas en la tabla 14. Comprende una duración de 5 a 6 meses en promedio, en gran parte de las estaciones meteorológicas predomina el inicio de esta temporada en el mes de octubre y finaliza en el mes de marzo, abarcando durante este periodo entre el 75 por ciento a 85 por ciento de las lluvias. Algunas estaciones meteorológicas como San Juan de Jarpa e Ingenio y Laive fueron las excepciones, iniciando su periodo lluvioso en noviembre y diciembre, pero finalizando en el mes de marzo. Asimismo, las estaciones Carhuacayán y Ricrán presentan una mayor duración del periodo lluvioso, culminando en el mes de abril.

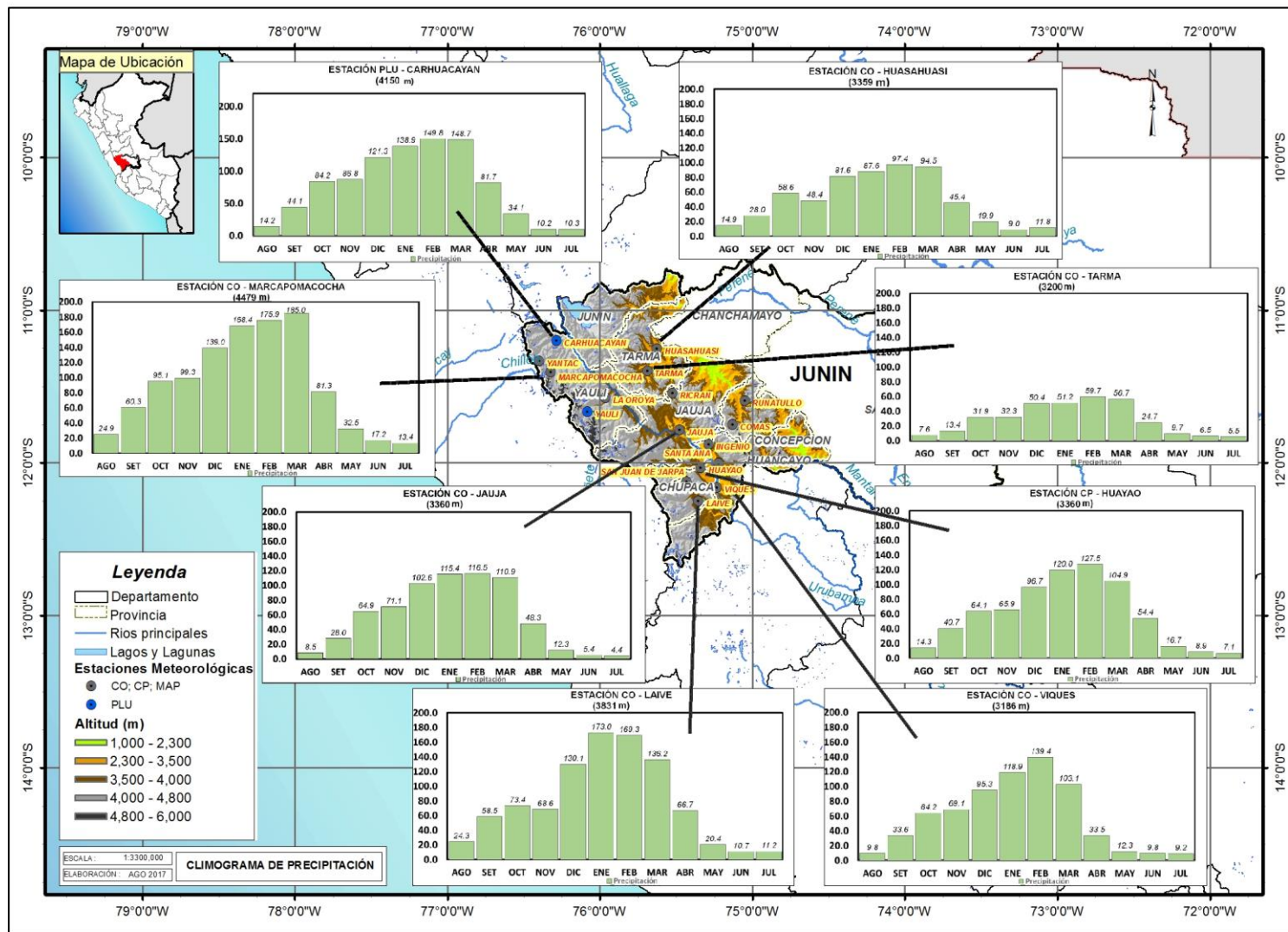


Figura 22: Comportamiento promedio de las lluvias (1981-2010) en la sierra de Junín.

Los meses que presentan mayores acumulados de lluvia (enero y febrero) durante esta temporada, coinciden con las etapas de mayor requerimiento hídrico (botón floral a flor y maduración) en el cultivo de papa, concentrándose las mayores lluvias promedio en las zonas altas de la cuenca del Mantaro (estaciones de Marcapomacocha y Yauli).

A lo largo de la campaña agrícola, climáticamente las estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas altas sobre los 3500 m acumulan lluvias entre 731,2 a 1092,5 mm, comprendiendo los rangos propios del requerimiento pluviométrico de la papa nativa. Asimismo, en zonas ubicadas entre los 2300 a 3500 m, totalizan entre 394,5 a 721,2 mm, abarcando también rangos óptimos para la papa mejorada.

Tabla 14: Distribución porcentual de las lluvias en la sierra de Junín.

| ESTACIONES METEOROLÓGICAS | CUENCA | ALTITUD (msnm) | MESES | | | | | | | | | | | | ÉPOCA LLUVIOSA INICIO/FINAL |
|---------------------------|---------|----------------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|---------|--------------------------------|
| | | | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | |
| Santa Ana | MANTARO | 3302 | 1.8 | 4.8 | 8.7 | 10.5 | 16.1 | 16.4 | 17.3 | 14.3 | 6.8 | 1.7 | 0.8 | 0.8 | OCT-MAR |
| Jauja | | 3360 | 1.1 | 3.9 | 8.9 | 11.0 | 15.1 | 16.4 | 16.9 | 16.3 | 7.0 | 1.9 | 0.9 | 0.6 | OCT-MAR |
| San Juan de Jarpa | | 3650 | 1.7 | 5.8 | 8.0 | 8.4 | 14.3 | 16.3 | 17.6 | 16.3 | 7.0 | 2.6 | 0.7 | 1.2 | NOV-MAR |
| La Oroya | | 4007 | 3.0 | 5.0 | 8.7 | 9.2 | 14.1 | 14.7 | 15.6 | 13.7 | 7.6 | 3.7 | 2.3 | 2.4 | OCT-MAR |
| Viques | | 3186 | 1.4 | 4.8 | 9.2 | 9.9 | 13.7 | 17.0 | 20.0 | 14.8 | 4.8 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | OCT-MAR |
| Huayao | | 3360 | 2.0 | 5.6 | 8.9 | 9.1 | 13.4 | 16.6 | 17.7 | 14.5 | 7.5 | 2.3 | 1.2 | 1.0 | OCT-MAR |
| Laive | | 3831 | 2.6 | 6.2 | 7.8 | 7.3 | 13.8 | 18.4 | 18.0 | 14.4 | 7.1 | 2.2 | 1.1 | 1.2 | DIC-MAR |
| Ingenio | | 3422 | 1.1 | 3.6 | 8.1 | 11.5 | 15.6 | 19.7 | 16.0 | 13.6 | 7.0 | 2.3 | 1.0 | 0.4 | NOV-MAR |
| Carhuacayán | | 4150 | 1.5 | 4.8 | 9.1 | 9.4 | 13.1 | 15.0 | 16.2 | 16.1 | 8.8 | 3.7 | 1.1 | 1.1 | OCT-ABR |
| Yantac | | 4684 | 2.8 | 5.5 | 8.3 | 9.1 | 12.9 | 14.5 | 16.2 | 16.2 | 8.1 | 3.0 | 1.8 | 1.6 | OCT-MAR |
| Marcapomacocha | | 4479 | 2.3 | 5.5 | 8.7 | 9.1 | 12.7 | 15.4 | 16.1 | 16.9 | 7.4 | 3.0 | 1.6 | 1.2 | OCT-MAR |
| Yauli | | 4100 | 2.4 | 4.9 | 8.7 | 8.4 | 14.7 | 14.5 | 16.4 | 15.4 | 8.0 | 2.5 | 1.4 | 2.7 | OCT-MAR |
| Tarma | | 3200 | 2.2 | 3.8 | 9.1 | 9.2 | 14.4 | 14.7 | 17.1 | 16.2 | 7.1 | 2.8 | 1.9 | 1.6 | OCT-MAR |
| Comas | | 3640 | 3.1 | 5.4 | 10.3 | 9.0 | 13.7 | 14.4 | 15.3 | 15.1 | 6.8 | 2.9 | 1.5 | 2.5 | OCT-MAR |
| Rcórón | | 3687 | 1.8 | 4.1 | 10.1 | 10.1 | 14.9 | 13.6 | 15.4 | 15.2 | 8.5 | 3.4 | 1.5 | 1.4 | OCT-ABR |
| Huasahuasi | | 3359 | 2.5 | 4.7 | 9.8 | 8.1 | 13.7 | 14.7 | 16.3 | 15.8 | 7.6 | 3.3 | 1.5 | 2.0 | OCT-MAR |
| Runatullo | 3475 | 3.1 | 5.5 | 9.8 | 8.3 | 14.0 | 13.8 | 14.9 | 14.5 | 6.7 | 3.8 | 1.8 | 3.6 | OCT-MAR | |

4.2.2. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA LLUVIA

Con lluvias trimestrales de Setiembre-Noviembre (inicio de la campaña agrícola) y Enero-Marzo (desarrollo y crecimiento del cultivo), se calcularon los vectores regionales para la identificación de zonas homogéneas y analizar zonas que presentan una misma influencia climática. El periodo general comprende entre 1925 – 2014, sin embargo, cabe resaltar que algunas estaciones presentan un record histórico menor.

a) Identificación de regiones homogéneas

La variabilidad interanual de la zona homogénea delimitada por el Método del Vector Regional, definió cuatro grupos para ambos trimestres. Para el trimestre Setiembre- Noviembre pertenecen dos zonas homogéneas correspondientes a los vectores C y D en altitudes inferiores a los 4000 m, extendiéndose a lo largo de las principales zonas agrícolas dedicadas a la siembra de papa. Las otras dos zonas homogéneas (vector A y B) se encuentran ubicadas en la Puna (> 4000 m) cuya distribución espacial se muestra en la figura 23, abarcando áreas predominantes para el desarrollo de ganadería y de pastos.

La regionalización de las zonas homogéneas en general, están expuestas a flujos del oeste – noroeste en niveles altos y la distribución espacial de los vectores regionales va acorde a las condiciones de mayor a menor expansión vertical de la atmósfera en dirección este (más cálido el aire en tonos rojos) a oeste (menos cálido en tonos azules) de la zona altoandina.

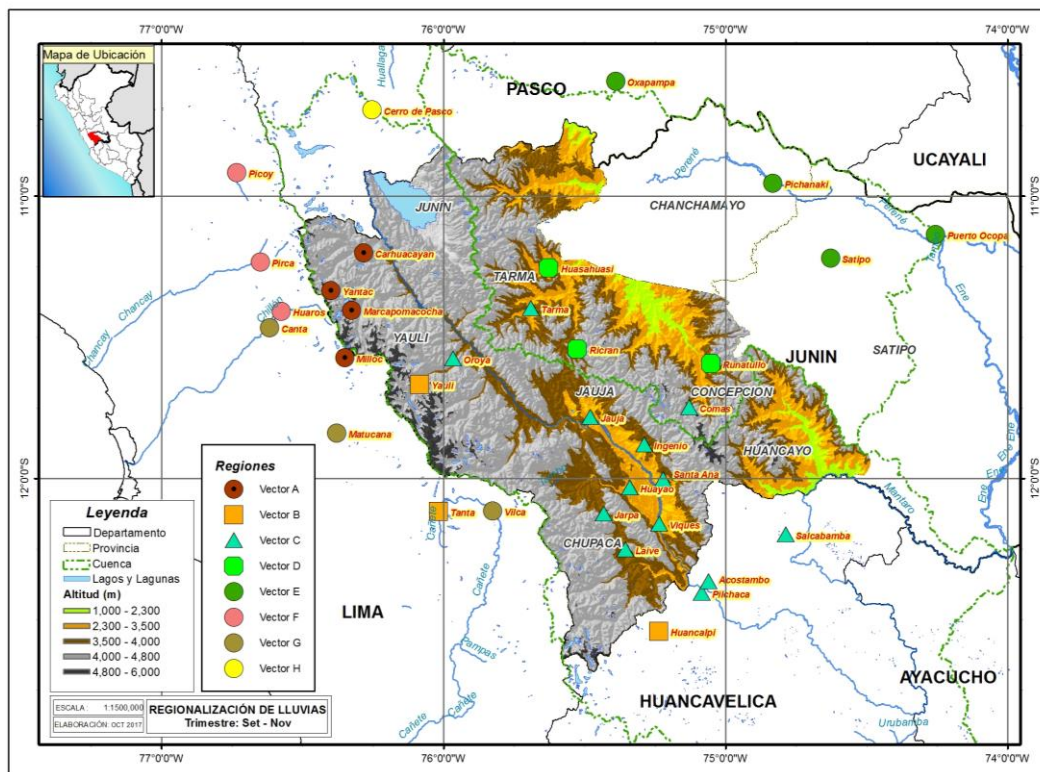


Figura 23: Regionalización climática de las lluvias para el periodo: Setiembre – Noviembre.

Entre las figuras 24 y 27, las estaciones meteorológicas ubicadas a mayor altitud corresponden a los vectores A y C, con una mayor variabilidad temporal (mayor Desviación Estándar de Desvíos) en comparación a los vectores B y D.

En el vector A (ver figura 24), se observa picos irregulares y un comportamiento fluctuante en su serie histórica, sin embargo para los años: 1973 (Niña, ONI - ICEN), 1980 (Neutral), 1990 (Neutral) y 2009 (Niño, ONI - ICEN) se presentan picos máximos, mientras que en los años 1976 (Niño, ONI - ICEN), 1986 (Niño, ONI), 1989 (Neutral), 1996 (Neutral, previo enfriamiento en la región 1+2 en el invierno) y 2005 (Neutral) hacen referencia a los picos mínimos.

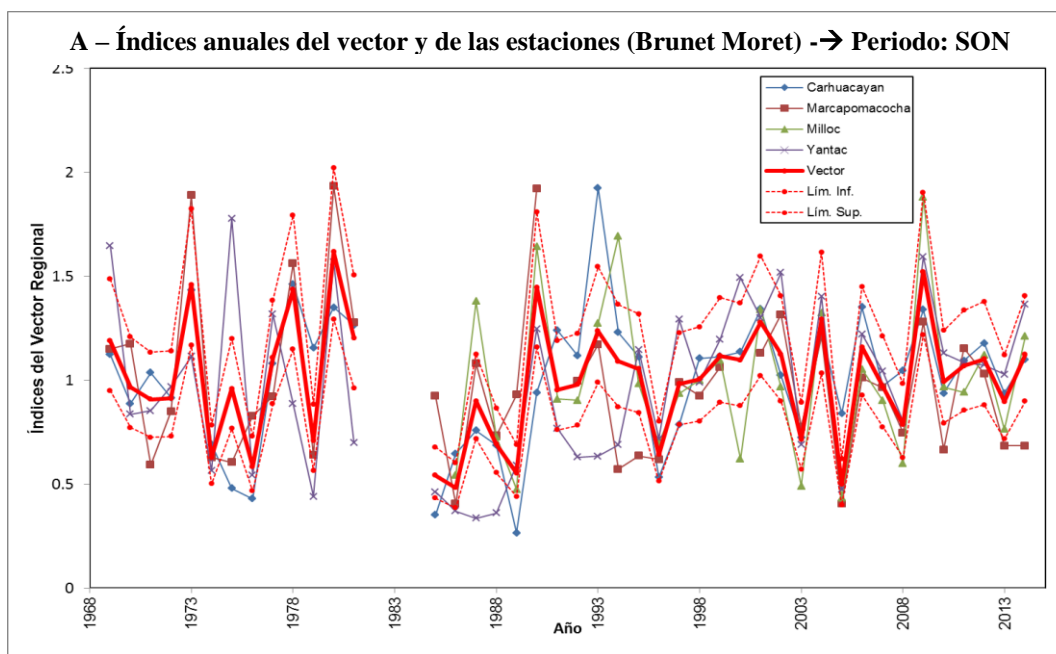


Figura 24: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional A para el periodo: Setiembre – Noviembre.

En el vector B (ver figura 25), ubicada en la Puna húmeda, las estaciones meteorológicas perteneciente a este grupo presentan un menor record histórico, comprendiendo para el análisis el periodo entre 1997 – 2014, en la que se observa una baja calidad de información en la estación Yantac, pues presenta un comportamiento pluviométrico fuera de los límites superiores e inferiores del vector regional. Por otro lado, se presenta incrementos en el

índice del vector B en los años 2002 (Niño, ONI - ICEN) y 2011(Niña, ONI); descenso en el índice del vector para el año 2005(Neutral).

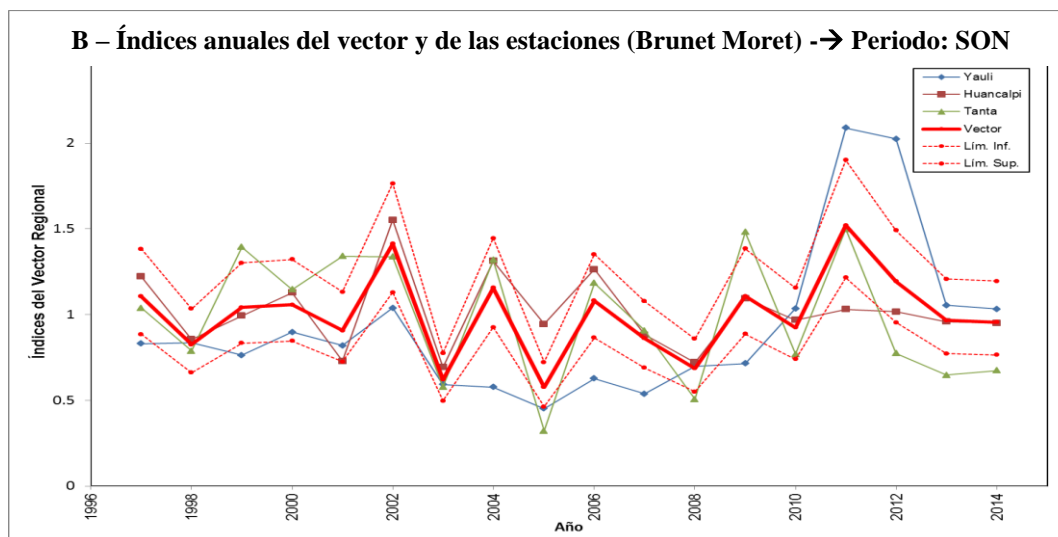


Figura 25: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional B para el periodo: Setiembre – Noviembre.

En cuanto al índice del vector regional C que comprende la cuenca media y baja del Mantaro, gran parte de las estaciones meteorológicas presenta record histórico completo. Asimismo, la figura 26 muestra una menor variabilidad temporal que los otros grupos acentuándose una menor fluctuación del índice del vector en los últimos 11 años. Por otro lado, la estación Laive presenta una información pluviométrica poco confiable al presentarse fuera de los límites superiores e inferiores del vector regional.

Los mayores picos del índice del vector se presentaron en los años: 1982 (Niño Extraordinario, ONI-ICEN), 1984 (Niña, ONI) y 1990 (Neutral), mientras que los menores picos se observan en los años 1987 (Niño, ONI - ICEN), 1992 (Neutral, previo calentamiento en el invierno) y 2003 (Niño, ONI - ICEN).

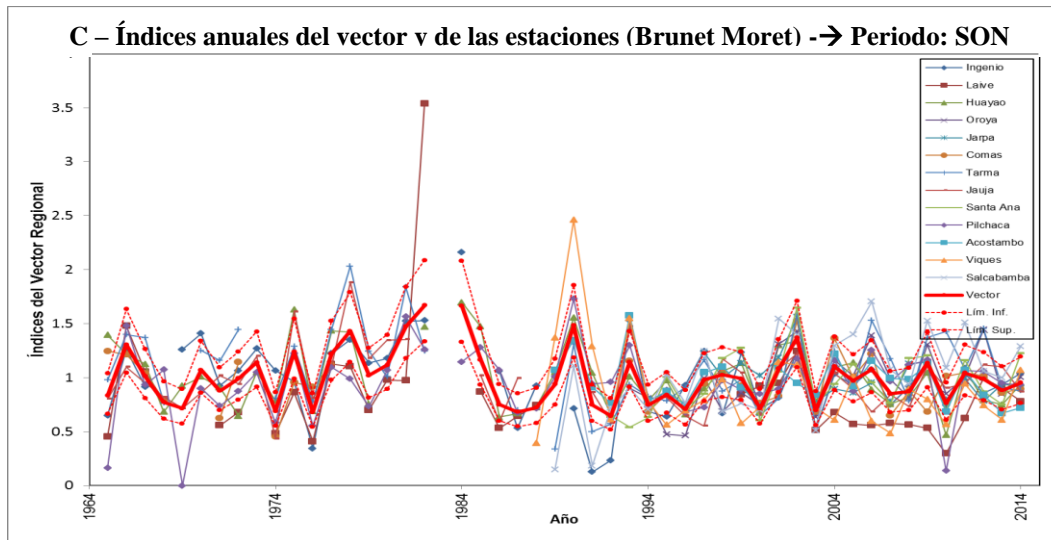


Figura 26: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional C para el periodo: Setiembre – Noviembre.

Para el vector D, al igual que el vector B presenta limitado record histórico comprendiendo el periodo 2000-2014; la estación Runatullo presenta menor correlación con el vector de este grupo y con una baja calidad de información histórica. Asimismo, esta región es una zona de transición y colindante de la parte altoandina con la selva de Junín.

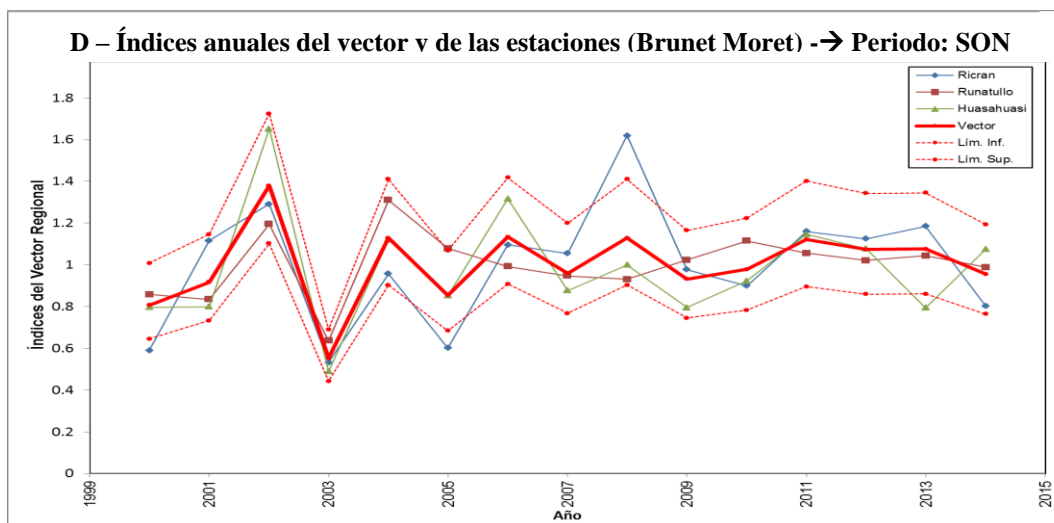


Figura 27: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional D para el periodo: Setiembre – Noviembre.

La regionalización de las zonas homogéneas para el trimestre Enero – Marzo, en general están expuestas a flujos del norte con una ligera inclinación al noroeste en niveles altos. Se observa que el grupo del vector D colindante a la selva de Junín abarca mayor distribución espacial en las zonas de mayor expansión atmosférica correspondiente al aire cálido en tonos rojos mostrados en la Sección 4.1 y el vector A en las zonas más altas se uniformizan en el lado oeste de la región altoandina. Entre las cuatro regiones homogéneas no se observa alguna zona que presente mayor variabilidad temporal que la otra.

En la figura 28 se observa que el valle del Mantaro se observa dos regiones homogéneas, en la zona norte el vector C (estaciones Jauja, Huayao, Santa Ana) y en la zona sur del valle al vector B (Viques), lo cual podría asociarse a la convergencia del viento en bajos niveles en este último vector.

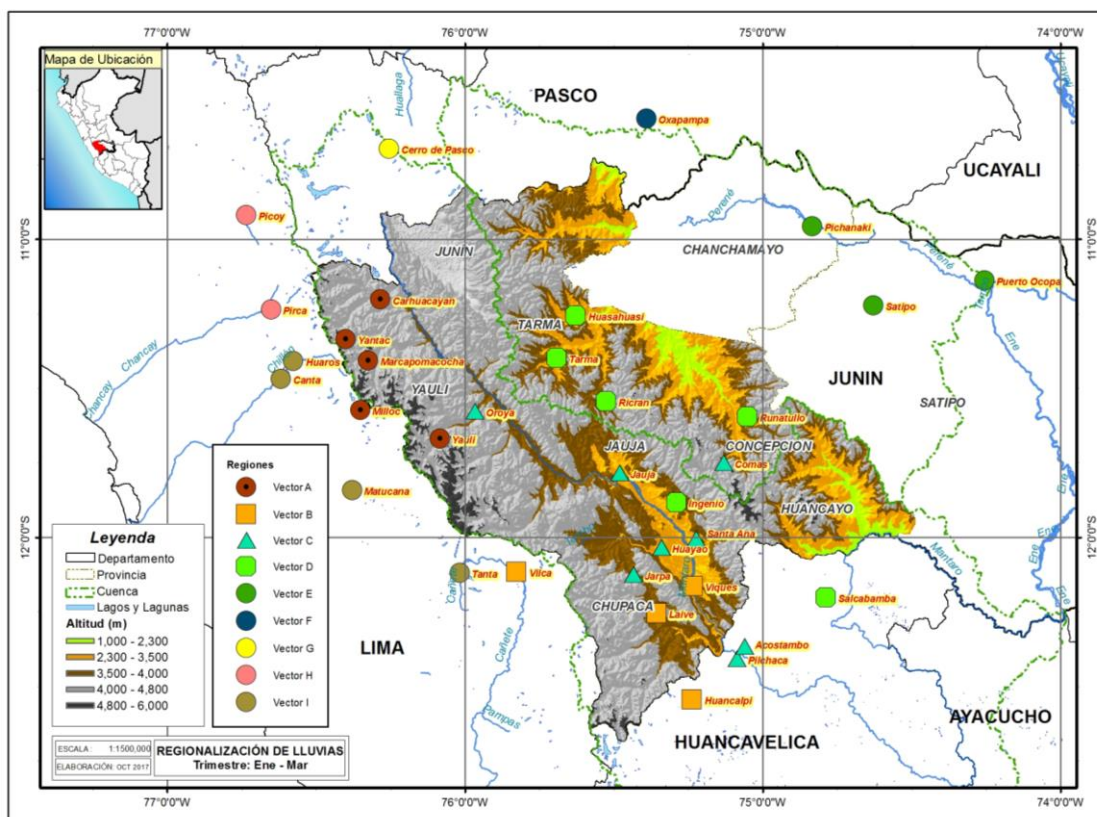


Figura 28: Regionalización climática de las lluvias para el periodo: Enero – Marzo.

La figura 29 corresponde al índice del vector A, ubicado en la Puna húmeda. Presenta una menor variabilidad en este periodo respecto a los primeros meses del inicio de la temporada lluviosa. Se observa picos ascendentes en los años 1976 (Niña, ONI - ICEN) y 2000 (Niña, ONI), mientras que picos menores se presentaron en los años 1990 (Neutral) y 2004 (Niño, ICEN). Por otro lado, la estación Yauli presenta baja calidad de información.

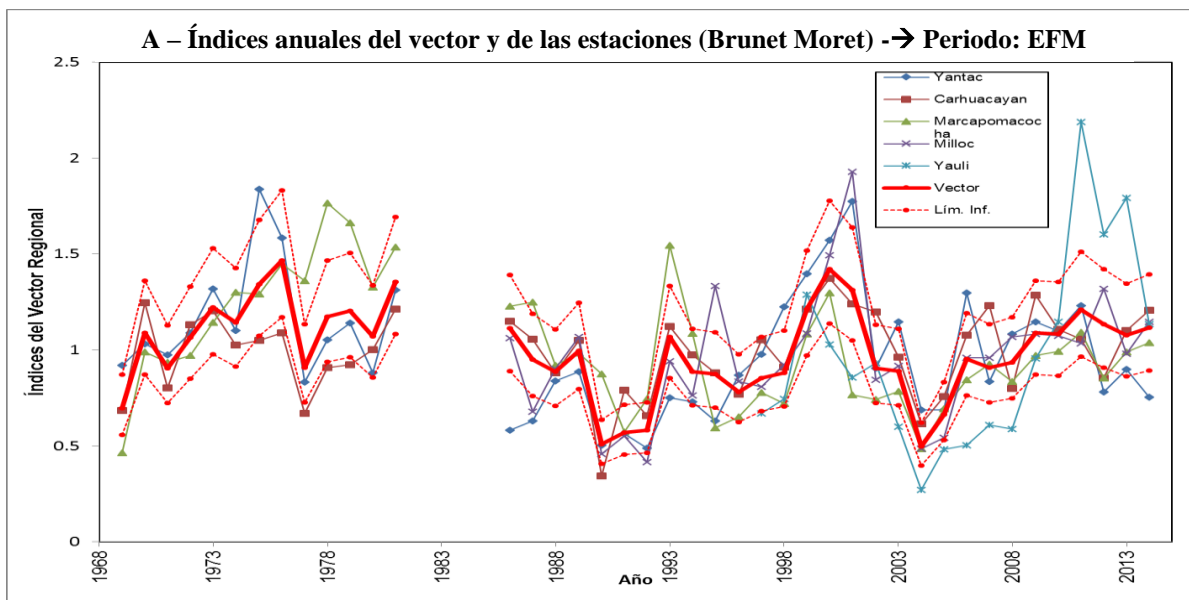


Figura 29: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional A para el periodo: Enero – Marzo.

El índice del vector B (figura 30) corresponde a las estaciones ubicadas al sur del valle del Mantaro, presentando picos máximos en los años 1994 (Neutral) y 2011 (Niña, ONI).

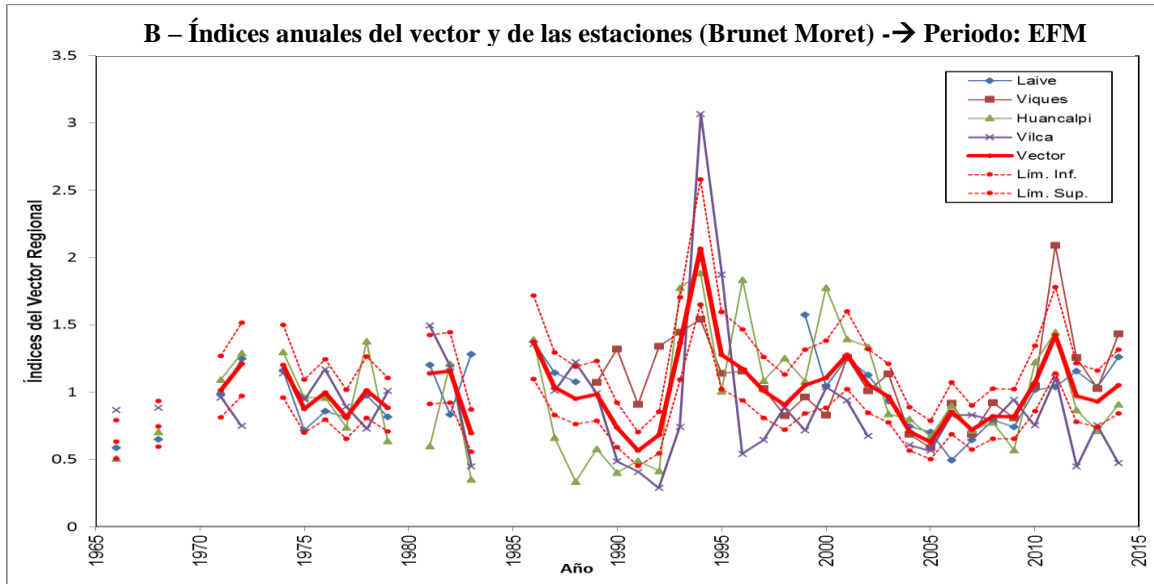


Figura 30: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional B para el periodo: Enero – Marzo.

En cuanto al índice del vector regional C (figura 31), comprende la parte norte del valle del Mantaro y la estación Oroya; esta zona homogénea presenta a la mayoría de las estaciones meteorológicas con mayor record histórico y se encuentra donde predomina las zonas agrícolas en la región altoandina. Los picos descendentes del índice del vector se presentaron en los años: 1969 (Niño, ONI), 1992 (Niño, ONI) y 2005 (Niña débil-ONI);

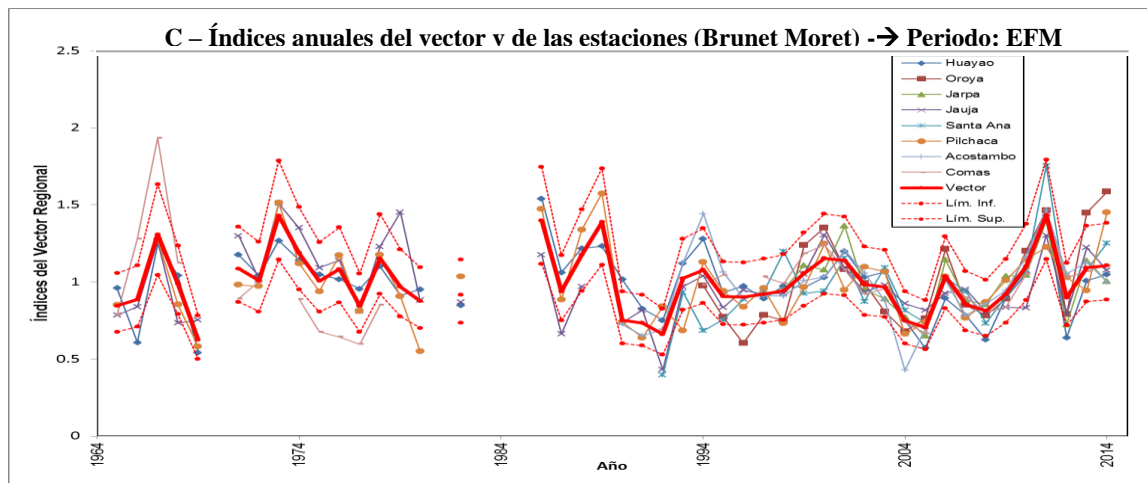


Figura 31: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional C para el periodo: Enero – Marzo.

En cuanto al vector D (figura 32), colinda con la zona oriental de Junín (vector E), el cual presenta un pico descendente en el año 1992 (Niño, ONI-ICEN). Por otro lado, se observa que la estación Runatullo presenta un record limitado de información pluviométrica.

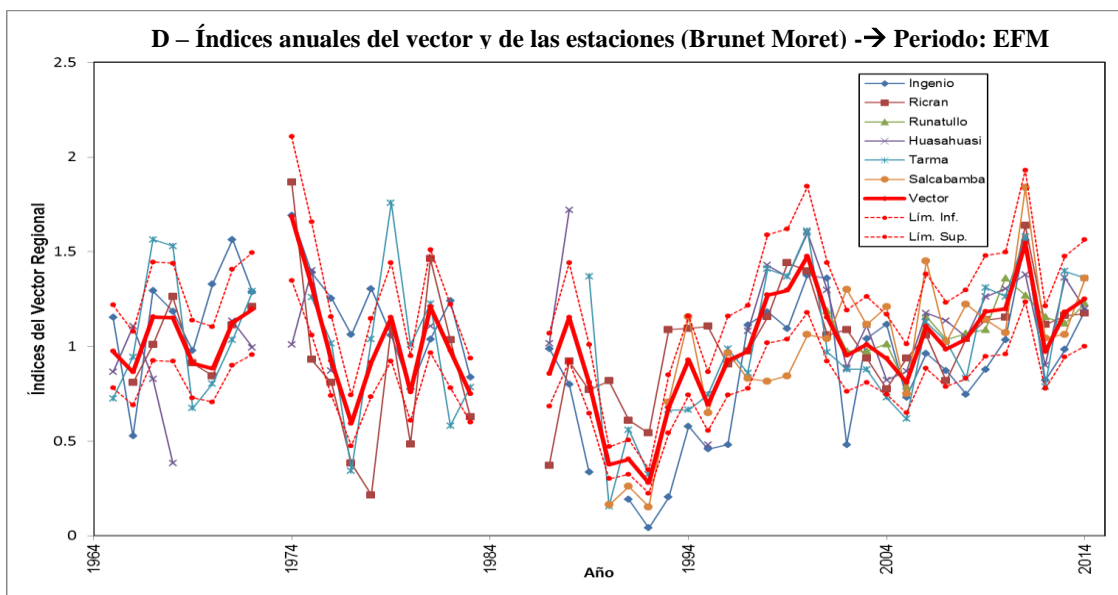


Figura 32: Distribución temporal de los índices anuales del vector regional D para el periodo: Enero – Marzo.

En cuanto a la relación lluvia y altitud de la zona de estudio (figura 33), se obtiene que existe una relación de $r^2 = 0,21$ para el trimestre setiembre - noviembre y de $r^2 = 0,31$ para el trimestre enero-marzo, siendo mayor la correlación en los meses más lluviosos de la zona de estudio. Sin embargo, no es una correlación alta, evidenciando que la ocurrencia de lluvia no sólo respondería a la altitud, sino a otros factores como patrones atmosféricos de gran escala, topografía, la latitud, la Cordillera de los Andes, orientación de las estaciones, condiciones locales, entre otros.

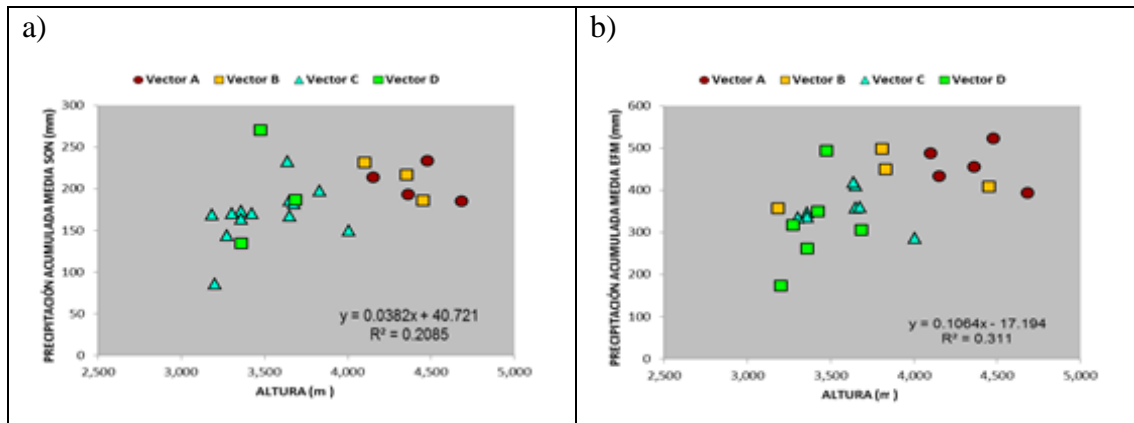


Figura 33: Regresión lineal entre la lluvia acumulada y la altitud (m) para el trimestre setiembre-noviembre en la izquierda y para el trimestre enero-marzo en la derecha.

Cabe resaltar, que entre ambos trimestres, una mayor variabilidad predomina a inicios de la campaña agrícola comparado con el trimestre donde se presentan las fases de reproductiva y maduración. Se resalta entre ellas a los vectores regionales ubicados a mayor altitud entre ambos trimestres, aunque en menor fluctuación durante los meses más lluviosos. Este aspecto es importante, ya que a lo largo campaña agrícola el requerimiento hídrico que necesita el cultivo comprende un rango de lluvia acumulada, sin embargo, al considerar adicionalmente la variabilidad interanual en los dos trimestres del periodo agrícola, se observa que existen picos máximos y mínimos fluctuantes que deben considerarse para el cultivo de papa, de manera que se distribuyan temporalmente entre todas las fases fenológicas para una mejor producción.

En la sección 4.3, se explica con más detalle la relación entre la variabilidad interanual y los eventos El Niño y La Niña que todavía no es conocida en el análisis de esta sección.

4.3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN LA LLUVIA

En la sección anterior, a través del análisis de la variabilidad interanual de las lluvias se pudo obtener adicionalmente la crítica de calidad de datos históricos de las estaciones meteorológicas, descartando las estaciones Yauli y Runatullo para el análisis de los índices de teleconexiones ENSO. Se seleccionaron 15 estaciones meteorológicas en total, identificándose valores por encima o por debajo de la media histórica con su respectiva desviación estándar donde se verificaron alguna relación directa entre las fases de los índices ONI e ICEN. En la tabla 15, se muestra el P-valor con un nivel de significancia $\alpha < 0,1$ para los meses del periodo lluvioso con índices de teleconexión de hasta 5 meses de anterioridad.

Los resultados se presentan para diferentes desfases de series de tiempo (Lags) entre la lluvia y los índices ONI e ICEN, con un p-valor $< 0,1$ (color naranja) y p-valor $< 0,05$ (color rojo), correspondiendo a moderadamente significativo y significativo, respectivamente. Se analizó la influencia de los índices mensuales de teleconexión-ENSO sobre las lluvias del mismo mes, considerándose de diagnóstico (Lag 0). Para la lluvia del mes a analizarse y utilizar al índice del mes anterior, corresponde al Lag 1, utilizando el índice de dos meses anteriores corresponde al Lag 2, y así sucesivamente para los Lag 3, 4 y 5, los cuales sirven de base para la predicción mensual de las anomalías de las lluvias.

Los resultados para el Lag 0, indican que en las estaciones meteorológicas existe una mayor evidencia significativa de la influencia del ONI, comparado con el ICEN, en las lluvias entre los meses de octubre – noviembre y enero-febrero, mientras que el ICEN sólo acentúa la diferencia significativa para los meses de octubre y enero.

En el caso del Lag 1 y Lag 2, se evidencia que el índice ONI podría ser usado para predecir las anomalías de las lluvias en los meses de octubre-noviembre y enero-febrero en las estaciones de los alrededores del Valle del Mantaro y las zonas más altas, utilizando este índice en ésta última zona principalmente para enero y febrero; las estaciones

meteorológicas con diferencia estadísticamente son más dispersas espacialmente en gran parte de la zona altoandina para los meses de noviembre y enero. Para el ICEN, en Lag 1, el mes de octubre (índice de setiembre) presentó diferencia significativa en el norte y centro del valle del Mantaro (estaciones Jauja, Santa Ana, Ingenio y Huayao) y Tarma; de manera más aislada y dispersa se presentó para los meses de noviembre (índice de octubre) y enero (índice de diciembre) en las estaciones La Oroya, San Juan de Jarpa y Comas. Respecto al Lag 2, se mantiene la señal climática de este índice para las lluvias del mes de octubre en las estaciones correspondientes al valle, para el mes de noviembre en las zonas más altas de la región, y enero - febrero abarca mayor parte de las estaciones en la zona de interés.

En cuanto al Lag 3, se presentan mayor número de estaciones Meteorológicas con significancia estadística para el índice ONI que con el ICEN. Respecto a ONI, presenta pocas estaciones meteorológicas con significancia estadística en la estación de primavera, pero incrementa la señal climática para los meses de verano (diciembre a febrero), reflejándose en enero en las zonas más altas, y en febrero extendiéndose del valle del Mantaro a la cuenca media y alta. Para el ICEN, se observa un efecto débil de éste índice en la distribución de las lluvias en gran parte de las estaciones meteorológicas a lo largo de la temporada lluviosa, a excepción de la estación Comas que presenta significancia estadística entre los meses de octubre y enero.

Tabla 15: Estadísticos del P-valor obtenidos en el ANOVA para el periodo lluvioso, evaluados con los índices de teleconexión ONI e ICEN.

Altamente significativo Significativo

| Estación | LAG0 | | | | | | | | | | | | LAG1 | | | | | | | | | | | | LAG2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | | | | | | |
| | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M |
| Santa Ana | 0.88 | 0.26 | 0.02 | 0.46 | 0.17 | 0.44 | 0.73 | 0.50 | 0.40 | 0.08 | 0.1 | 0.57 | 0.62 | 0.26 | 0.96 | 0.26 | 0.03 | 0.19 | 0.47 | 0.60 | 0.81 | 0.21 | 0.1 | 0.01 | 0.04 | 0.33 | 0.59 | 0.50 | 0.62 | 0.27 | 0.03 | 0.02 | 0.61 | 0.68 | 0.91 | 0.09 | 0.51 | 0.09 | 0.28 | 0.21 | 0.65 | 0.68 |
| Jauja | 0.46 | 0.01 | 0.06 | 0.77 | 0.52 | 0.1 | 0.09 | 0.93 | 0.08 | 0.54 | 0.91 | 0.52 | 0.02 | 0.08 | 0.41 | 0.01 | 0.67 | 0.95 | 0.84 | 0.39 | 0.01 | 0.85 | 0.07 | 0.62 | 0.83 | 0.62 | 0.09 | 0.18 | 0.63 | 0.02 | 0.80 | 0.75 | 0.57 | 0.09 | 0.05 | 0.86 | 0.08 | 0.68 | 0.89 | 0.75 | 0.23 | 0.44 |
| Ingenio | 0.04 | 0.01 | 0.62 | 0.96 | 0.04 | 0.06 | 0.48 | 0.31 | 0.01 | 0.81 | 0.92 | 0.47 | 0.01 | 0.73 | 0.08 | 0.01 | 0.83 | 0.90 | 0.08 | 0.03 | 0.53 | 0.72 | 0.00 | 0.1 | 0.88 | 0.41 | 0.18 | 0.49 | 0.20 | 0.02 | 0.37 | 0.59 | 0.1 | 0.02 | 0.41 | 0.91 | 0.02 | 0.76 | 0.94 | 0.41 | 0.07 | 0.96 |
| Huayao | 0.19 | 0.01 | 0.08 | 0.67 | 0.35 | 0.19 | 0.47 | 0.30 | 0.06 | 0.91 | 0.23 | 0.43 | 0.41 | 0.21 | 0.33 | 0.01 | 0.30 | 0.94 | 0.91 | 0.08 | 0.83 | 0.90 | 0.01 | 0.86 | 0.32 | 0.85 | 0.63 | 0.57 | 0.74 | 0.02 | 0.18 | 0.78 | 0.63 | 0.01 | 0.91 | 0.92 | 0.02 | 0.93 | 0.81 | 0.77 | 0.09 | 0.53 |
| Laive | 0.67 | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0.1 | 0.17 | 0.45 | 0.65 | 0.17 | 0.22 | 0.48 | 0.84 | 0.85 | 0.04 | 0.57 | 0.03 | 0.03 | 0.67 | 0.39 | 0.06 | 0.57 | 0.65 | 0.15 | 0.28 | 0.29 | 0.34 | 0.77 | 0.05 | 0.56 | 0.06 | 0.09 | 0.85 | 0.54 | 0.07 | 0.90 | 0.56 | 0.1 | 0.38 | 0.73 | 0.92 | 0.48 | 0.23 |
| Viques | 0.25 | 0.01 | 0.31 | 0.1 | 0.78 | 0.26 | 0.69 | 0.90 | 0.48 | 0.99 | 0.39 | 0.65 | 0.61 | 0.29 | 0.43 | 0.16 | 0.03 | 0.16 | 0.84 | 0.62 | 0.25 | 0.30 | 0.85 | 0.86 | 0.56 | 0.71 | 0.58 | 0.98 | 0.25 | 0.01 | 0.70 | 0.17 | 0.67 | 0.54 | 0.38 | 0.18 | 0.92 | 0.72 | 0.74 | 0.85 | 0.76 | 0.94 |
| Marcopomacocha | 0.17 | 0.24 | 0.1 | 0.54 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.46 | 0.86 | 0.58 | 0.93 | 0.60 | 0.26 | 0.91 | 0.45 | 0.30 | 0.46 | 0.30 | 0.92 | 0.90 | 0.78 | 0.69 | 0.88 | 0.47 | 0.85 | 0.76 | 0.44 | 0.37 | 0.70 | 0.40 | 0.45 | 0.17 | 0.62 | 0.54 | 0.99 | 0.63 | 0.98 | 0.35 | 0.37 | 0.28 | 0.05 | 0.90 |
| La Oroya | 0.21 | 0.59 | 0.1 | 0.79 | 0.02 | 0.71 | 0.55 | 0.62 | 0.1 | 0.80 | 0.63 | 0.07 | | 0.35 | 0.07 | 0.59 | 0.1 | 0.59 | 0.20 | 0.40 | 0.80 | 0.29 | 0.60 | 0.1 | 0.64 | 0.03 | 0.26 | | 0.06 | 0.60 | 0.1 | 0.48 | 0.09 | 0.32 | 0.86 | 0.81 | 0.55 | 0.25 | 0.78 | 0.04 | 0.03 | 0.82 |
| Carhuacayán | 0.34 | 0.20 | 0.05 | 0.30 | 0.16 | 0.09 | 0.97 | 0.48 | 0.82 | 0.55 | 0.1 | 0.18 | 0.57 | 0.74 | 0.86 | 0.19 | 0.22 | 0.22 | 0.43 | 0.1 | 0.53 | 0.18 | 0.95 | 0.49 | 0.46 | 0.73 | 0.21 | 0.41 | 0.66 | 0.16 | 0.40 | 0.07 | 0.49 | 0.16 | 0.91 | 0.28 | 0.99 | 0.36 | 0.68 | 0.68 | 0.43 | 0.65 |
| Yantac | 0.05 | 0.93 | 0.17 | 0.59 | 0.02 | 0.01 | 0.08 | 0.46 | 0.35 | 0.70 | 0.62 | 0.33 | 0.38 | 0.45 | 0.02 | 0.92 | 0.29 | 0.19 | 0.1 | 0.01 | 0.28 | 0.47 | 0.89 | 0.22 | 0.28 | 0.22 | 0.21 | 0.53 | 0.18 | 0.98 | 0.1 | 0.25 | 0.09 | 0.03 | 0.15 | 0.74 | 0.77 | 0.47 | 0.1 | 0.50 | 0.20 | 0.47 |
| Tarma | 0.04 | 0.07 | 0.27 | 0.99 | 0.00 | 0.01 | 0.33 | 0.80 | 0.07 | 0.95 | 0.39 | 0.1 | 0.46 | 0.67 | 0.08 | 0.34 | 0.15 | 0.99 | 0.00 | 0.04 | 0.48 | 0.63 | 0.07 | 0.71 | 0.69 | 0.22 | 0.31 | 0.16 | 0.50 | 0.20 | 0.36 | 0.38 | 0.01 | 0.05 | 0.63 | 0.52 | 0.07 | 0.38 | 0.93 | 0.1 | 0.07 | 0.84 |
| San Juan de Jarpa | 0.82 | 0.19 | | 0.33 | | 0.41 | 0.48 | 0.75 | 0.70 | 0.15 | 0.60 | 0.1 | | 0.66 | 0.74 | 0.19 | 0.1 | | | | 0.43 | 0.27 | 0.19 | 0.02 | 0.60 | 0.1 | 0.24 | | 0.22 | 0.32 | 0.1 | 0.09 | | | | 0.22 | 0.19 | 0.03 | 0.50 | 0.1 | 0.35 | 0.96 |
| Comas | 0.35 | 0.80 | 0.1 | 0.19 | 0.07 | 0.07 | 0.56 | 0.88 | 0.89 | 0.1 | 0.88 | 0.08 | | 0.93 | 0.35 | 0.80 | 0.29 | 0.36 | 0.07 | 0.08 | 0.87 | 0.32 | 0.80 | 0.02 | 0.88 | 0.03 | 0.45 | 0.65 | 0.77 | 0.74 | 0.29 | 0.20 | | 0.08 | 0.81 | 0.60 | 0.31 | 0.1 | 0.52 | 0.03 | 0.31 | 0.84 |
| Ricrán | 0.28 | 0.01 | 0.04 | 0.33 | 0.01 | 0.00 | 0.16 | 0.82 | 0.53 | 0.35 | 0.21 | 0.1 | 0.06 | 0.37 | 0.92 | 0.06 | 0.1 | 0.38 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.78 | 0.38 | 0.51 | 0.34 | 0.28 | 0.06 | 0.25 | 0.96 | 0.05 | 0.21 | 0.49 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.74 | 0.48 | 0.1 | 0.65 | 0.1 | 0.05 | 0.87 |
| Huasahuasi | 0.28 | 0.71 | 0.38 | 0.39 | 0.20 | 0.27 | 0.79 | 0.25 | 0.48 | 0.66 | 0.54 | 0.78 | 0.72 | 0.34 | 0.27 | 0.76 | 0.38 | 0.86 | 0.26 | 0.33 | 0.97 | 0.25 | 0.41 | 0.40 | 0.1 | 0.96 | 0.26 | 0.94 | 0.21 | 0.61 | 0.08 | 0.48 | 0.07 | 0.09 | 0.72 | 0.58 | 0.40 | 0.1 | 0.86 | 0.74 | 0.09 | 0.43 |

| Estación | LAG3 | | | | | | | | | | | | LAG4 | | | | | | | | | | | | LAG5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | ONI | | | | | | ICEN | | | | | | | | | | | |
| | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M | S | O | N | D | E | F | M |
| Santa Ana | 0.79 | 0.61 | 0.03 | 0.02 | 0.89 | 0.47 | 0.82 | 0.74 | 1.00 | 0.18 | 0.86 | 0.37 | 0.77 | 0.95 | 0.69 | 0.16 | 0.01 | 0.05 | 0.89 | 0.25 | 0.79 | 0.99 | 0.03 | 0.41 | 0.45 | 0.31 | 0.77 | 0.77 | 0.06 | 0.38 | 0.1 | 0.21 | 0.93 | 0.25 | 0.87 | 0.74 | 0.03 | 0.71 | 0.89 | 0.48 | 0.72 | 0.69 |
| Jauja | 0.25 | 0.1 | 0.68 | 0.52 | 0.41 | 0.24 | 0.09 | 0.59 | 0.49 | 0.78 | 0.81 | 0.71 | 0.25 | 0.38 | 0.25 | 0.72 | 0.98 | 0.1 | 0.53 | 0.49 | 0.08 | 0.19 | 0.76 | 0.88 | 0.96 | 0.21 | 0.31 | 0.04 | 0.96 | 0.80 | 0.77 | 0.65 | 0.34 | 0.25 | 0.08 | 0.18 | 0.58 | 0.38 | 0.36 | 0.35 | 0.42 | 0.05 |
| Ingenio | 0.32 | 0.1 | 0.72 | 0.64 | 0.1 | 0.02 | 0.20 | 0.29 | 0.18 | 0.32 | 0.94 | 0.36 | 0.18 | 0.53 | 0.1 | 0.15 | 0.79 | 0.25 | 0.17 | 0.01 | 0.31 | 0.31 | 0.08 | 0.65 | 0.69 | 0.34 | 0.15 | 0.41 | 0.57 | 0.1 | 0.96 | 0.63 | 0.21 | 0.00 | 0.22 | 0.25 | 0.27 | 0.64 | 0.18 | 0.40 | 0.1 | 0.44 |
| Huayao | 0.90 | 0.38 | 0.24 | 0.62 | 0.59 | 0.01 | 0.63 | 0.58 | 0.1 | 0.69 | 0.45 | 0.07 | 0.41 | 0.1 | 0.45 | 0.1 | 0.07 | 0.27 | 0.78 | 0.01 | 0.73 | 0.79 | 0.06 | 0.97 | 0.76 | 0.1 | 0.22 | 0.47 | 0.38 | 0.07 | 0.23 | 0.69 | 0.50 | 0.01 | 0.40 | 0.59 | 0.1 | 0.32 | 0.54 | 0.09 | 0.51 | 0.31 |
| Laive | 0.54 | 0.87 | 0.08 | 0.60 | 0.39 | 0.09 | 0.95 | 0.70 | 0.51 | 0.49 | 0.25 | 0.52 | 0.54 | 0.84 | 0.37 | 0.82 | 0.01 | 0.43 | 0.64 | 0.02 | 0.96 | 0.70 | 0.06 | 0.26 | 0.06 | 0.79 | 0.33 | 0.1 | 0.58 | 0.02 | 0.01 | 0.62 | 0.30 | 0.02 | 0.96 | 0.25 | 0.1 | 0.87 | 0.83 | 0.83 | 0.36 | 0.57 |
| Viques | 0.47 | 0.07 | 0.46 | 0.86 | 0.68 | 0.61 | 0.19 | 0.31 | 0.68 | 0.94 | 0.57 | 0.68 | 0.41 | 0.69 | 0.48 | 0.95 | 0.34 | 0.51 | 0.86 | 0.59 | 0.15 | 0.03 | 0.91 | 0.99 | 0.77 | 0.25 | 0.68 | 0.51 | 0.06 | 0.75 | 0.66 | 0.32 | 0.71 | 0.59 | 0.09 | 0.26 | 0.16 | 0.90 | 0.82 | 0.21 | 0.34 | 0.60 |
| Marcopomacocha | 0.32 | 0.63 | 0.83 | 0.29 | 0.69 | 0.62 | 1.00 | 0.63 | 0.84 | 0.68 | 0.65 | 0.75 | 0.48 | 0.42 | 0.59 | 0.49 | 0.36 | 0.38 | 0.54 | 0.80 | 0.93 | 0.41 | 0.63 | 0.77 | 0.39 | 0.84 | 0.91 | 0.88 | 0.54 | 0.33 | 0.1 | 0.79 | 0.72 | 0.45 | 0.84 | 0.41 | 0.27 | 0.71 | 0.28 | 0.69 | 0.42 | 0.64 |
| La Oroya | 0.07 | 0.88 | 0.27 | 0.48 | 0.42 | 0.1 | 0.91 | 0.79 | 0.06 | 0.19 | 0.85 | 0.61 | 0.04 | 0.89 | 0.36 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.42 | 0.66 | 0.36 | 0.59 | 0.37 | 0.06 | 0.05 | 0.62 | 0.47 | 0.43 | 0.77 | 0.60 | 0.41 | 0.96 | 0.47 | 0.66 | 0.58 | 0.40 | 0.88 | 0.1 | 0.15 | 0.67 | 0.84 | 0.63 |
| Carhuacayán | 0.1 | 0.88 | 0.46 | 0.53 | 0.77 | 0.1 | 0.41 | 0.89 | 0.88 | 0.69 | 0.71 | 0.95 | 0.39 | 0.61 | 0.46 | 0.69 | 0.08 | 0.93 | 0.49 | 0.38 | 0.72 | 0.56 | 0.39 | 0.21 | 0.1 | 0.22 | 0.51 | 0.70 | 0.65 | 0.48 | 0.00 | 0.98 | 0.84 | 0.28 | 0.99 | 0.45 | 0.70 | 0.55 | 0.23 | 0.20 | 0.43 | 0.69 |
| Yantac | 0.73 | 0.41 | 0.32 | 0.02 | 0.20 | 0.03 | 0.16 | 0.81 | 0.98 | 0.81 | 0.42 | 0.07 | 0.52 | 0.26 | 0.75 | 0.74 | 0.08 | 0.17 | 0.15 | 0.07 | 0.15 | 0.78 | 0.87 | 0.85 | 0.31 | 0.1 | 0.64 | 0.29 | 0.42 | 0.71 | 0.17 | 0.47 | 0.16 | 0.02 | 0.20 | 0.64 | 0.87 | 0.56 | 0.59 | 0.04 | 0.1 | 0.20 |
| Tarma | 0.48 | 0.32 | 0.20 | 0.50 | 0.04 | 0.04 | 0.55 | 0.79 | 0.1 | 0.73 | 0.93 | 0.32 | 0.1 | 0.96 | 0.59 | 0.01 | 0.1 | 0.46 | 0.05 | 0.49 | 0.41 | 0.94 | 0.08 | 0.59 | 0.60 | 0.06 | 0.24 | 0.27 | 0.87 | 0.03 | 0.25 | 0.86 | 0.15 | 0.16 | 0.62 | 0.92 | 0.1 | 0.89 | 0.31 | 0.07 | 0.49 | 0.35 |
| San Juan de Jarpa | 0.46 | 0.76 | 0.17 | 0.09 | 0.1 | | | 0.92 | 0.80 | 0.1 | 0.26 | 0.16 | 0.35 | 0.74 | 0.39 | 0.34 | 0.03 | 0.07 | 0.1 | 0.09 | | 0.90 | 0.37 | 0.06 | 0.19 | | 0.25 | 0.74 | | 0.06 | 0.00 | 0.28 | 0.17 | 0.09 | 0.59 | 0.50 | 0.27 | 0.16 | 0.88 | 0.81 | | 0.81 |
| Comas | 0.91 | 0.98 | 0.70 | 0.20 | 0.04 | | 0.81 | 0.75 | 0.09 | 0.1 | 0.08 | 0.08 | 0.31 | 0.98 | 0.76 | 0.72 | 0.31 | 0.22 | 0.04 | 0.06 | | 0.73 | 0.03 | 0.1 | 0.01 | 0.03 | 0.40 | 0.98 | 0.61 | 0.93 | 0.09 | 0.61 | 0.05 | 0.06 | 1.00 | 0.21 | 0.29 | 0.39 | 0.67 | 0.03 | 0.40 | 0.93 |
| Ricrán | 0.18 | 0.39 | 0.39 | 0.88 | 0.02 | 0.01 | 0.06 | 0.49 | 0.94 | 0.58 | 0.48 | 0.16 | 0.06 | 0.55 | 0.18 | 0.31 | 0.90 | 0.50 | 0.06 | 0.03 | 0.04 | 0.29 | 0.28 | 0.97 | 0.91 | 0.24 | 0.05 | 0.16 | 0.45 | 0.40 | 0.27 | 0.47 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.1 | 0.36 | 0.79 | 0.93 | 0.45 | 0.17 | 0.29 |
| Huasahuasi | 0.77 | 0.19 | 0.35 | 0.1 | 0.18 | 0.30 | 0.63 | 0.70 | 0.05 | 0.48 | 0.54 | 0.89 | 0.16 | 0.81 | 0.55 | 0.46 | 0.38 | 0.19 | 0.18 | 0.60 | 0.75 | 0.60 | 0.05 | 0.29 | 0.61 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

En el caso del Lag4, la señal climática del ONI sobre las lluvias se refleja en noviembre, pero sólo en algunas estaciones (Santa Ana, Huayao y Laive) ubicadas en el valle del Mantaro, posteriormente se observa en enero significancia estadística en Tarma y la cuenca media (San Juan de Jarpa, Comas y Ricrán) y siendo más representativa en febrero para el valle y la cuenca media. Asimismo, se observa la ausencia de la señal climática de este índice en la cuenca alta. Respecto a ICEN, indica que presenta significancia estadística en octubre, principalmente en las estaciones que comprenden el Valle y la zona colindante a la selva de Junín (Tarma, Comas y Huasahuasi); para diciembre y enero la señal climática es más débil y dispersa espacialmente.

Similar a los otros Lags anteriores, en el Lag 5 predomina una mayor señal climática del índice ONI comparado al ICEN, sin embargo disminuye a medida que se incrementa los Lags. Se observó que un mayor número de estaciones meteorológicas presentaron significancia estadística para los meses noviembre y febrero, siendo en este último mes más uniforme espacialmente la señal climática en las estaciones meteorológicas del Valle y en la zona colindante a la selva de Junín. Respecto a ICEN, indica que existe una limitada cantidad de estaciones meteorológicas con significancia estadística a lo largo del periodo lluvioso, sin embargo, algunas estaciones (Yantac, Tarma, Comas y Huasahuasi) son las excepciones principalmente para el mes de febrero.

4.3.1. LLUVIA Y ONI

Entre las figuras 34 al 45, se muestran los resultados del comportamiento de las lluvias en las fases positiva y negativa del índice ONI para cada serie de tiempo (Lag 0, Lag 1, Lag 2, Lag 3, Lag 4 y Lag 5). En tonalidad verde se representa a lluvias sobre su normal, en blanco corresponde a condiciones alrededor de su normal climática y en naranja se muestran lluvias bajo su normal.

El diagnóstico de la serie histórica del índice ONI con las anomalías de las lluvias del mismo mes (Lag 0), indican que la lluvia tiende a ser bajo lo normal en octubre abarcando gran parte de las estaciones meteorológicas del Valle del Mantaro, y entre lo normal para el

resto de meses durante la fase positiva (El Niño); mientras que, tiende a ser deficiente la lluvia y disperso espacialmente en el mes de noviembre, principalmente en el valle y las zonas más altas (provincia de Yauli), para luego incrementar sobre su normal en enero y febrero durante la fase negativa (La Niña). Estas deficiencias de lluvias en octubre y noviembre en ambas fases estarían asociado a flujos de aire seco del oeste en niveles altos en los andes occidentales discutidos por Nick (2007), dándose un panorama limitante para las áreas sembradas durante estos meses.

En la figura 36 y 37 correspondiente al análisis para el Lag 1, los resultados indican que los índices de setiembre, diciembre y enero podrían ser usados para predecir las anomalías de las lluvias en los meses de octubre, enero y febrero, respectivamente, en algunas localidades donde exista la diferencia estadística significativa; en el sur del Valle del Mantaro (San Juan de Jarpa, Laive y Santa Ana) en octubre las lluvias tenderían a superar sus valores normales en la fase positiva y en enero se presentarían lluvias sobre lo normal en las estaciones colindantes a la selva abarcando más estaciones para febrero sumándose las zonas altas y el centro del Valle en la fase negativa. En los meses de diciembre y marzo predominaría las condiciones normales y en noviembre un comportamiento variable en gran parte de la zona de interés.

En la figura 38 y 39 correspondiente al análisis para el Lag 2, se observa que persiste la señal climática con índices de dos meses con anterioridad (índice agosto, noviembre y diciembre) para predecir las anomalías de las lluvias en los meses de octubre, enero y febrero. Durante la fase positiva, en octubre tiende a disminuir las lluvias con deficiencias en gran parte del Valle del Mantaro, en febrero las lluvias bajo lo normal se presentarían en el Valle y en la zona norte colindante a la selva de Junín (Tarma, Huasahuasi y Ricrán), lo cual tendería a limitar la etapa reproductiva del cultivo. Para la fase negativa, octubre presenta predominancia de condiciones normales a excepción del sur del Valle, en enero predominarían similares condiciones, aunque la zona colindante a la selva y Yantac tendería a presentar lluvias sobre lo normal y posteriormente febrero respondería con condiciones dentro de lo normal.

En la figura 40 y 41 correspondiente al análisis para el Lag 3, se observa que gran parte de los meses del periodo lluvioso no se presenta diferencia significativa comportándose con lluvia dentro de lo normal, sin embargo se incrementa la señal climática en verano con índices de tres meses con anterioridad, principalmente en febrero (índice de noviembre) donde predomina lluvias bajo lo normal en gran parte de la zona de interés (Carhuacayán, La Oroya, Tarma, Ricrán, Ingenio, Huayao y Laive) durante la fase positiva, limitando la etapa reproductiva del cultivo al persistir esta señal desde el Lag2 durante la fase cálida. Por otro lado, lluvias sobre lo normal se presentarían en enero, y condiciones normales hacia febrero, a excepción de Ingenio y Yantac que tienden a presentar lluvias sobre lo normal durante la fase negativa,

En la figura 42 y 43 correspondiente al análisis para el Lag 4, la señal climático se mantiene débil pero en algunas localidades existen diferencias significativas, por ejemplo en noviembre con lluvias sobre lo normal en la cuenca alta (Carhuacayán, Yantac y San Juan de Jarpa, Laive), centro del Valle (Santa Ana) y puntualmente en Tarma, para el resto de meses predomina condiciones dentro de lo normal durante la fase positiva; por otro lado, lluvias sobre lo normal tenderían a presentarse en enero en la zona colindante a la selva (Tarma, Ricrán y Comas) y Jarpa, asimismo en febrero se manifestaría en la zona sur de la sierra de Junín (Ingenio, Huayao, Jarpa y Laive) y Yantac (zona alta) durante la fase negativa.

En la figura 44 y 45 correspondiente al análisis para el Lag 5, al igual que en los resultados de los índices en los Lag 3 y Lag 4 se disminuye la señal climática con índices de cinco meses de anterioridad (Lag5), manifestándose sólo en noviembre con tendencia de lluvias sobre lo normal en la cuenca alta (Carhuacayán, Marcapomacocha, San Juan de Jarpa, Laive), Comas y Santa Ana, mientras que lluvias bajo lo normal se presentan en la parte central del valle (Ingenio, Huayao) durante la fase positiva. Por otro lado, lluvias dentro de lo normal predomina en gran parte de los meses de esta temporada, puntualmente en octubre y febrero, lluvias sobre lo normal se presentarían en la parte central del valle (Ingenio, Huayao) y sur de la zona altoandina (San Juan de Jarpa, Comas y Laive) durante la fase negativa.

La respuesta climática de las lluvias en los desfases de tiempo Lag 4 y Lag5, podrían asociarse que al manifestarse el acoplamiento temporal de El Niño y La Niña en un mes determinado, este evento suele durar por muchos varios meses, de manera que al evaluar el potencial predictivo con mayores meses de anterioridad, muestra una mayor normalización de las lluvias e incluso cantidades sobre lo normal en localidades puntuales en noviembre, enero y febrero para ambas fases, siendo favorable para la campaña agrícola.

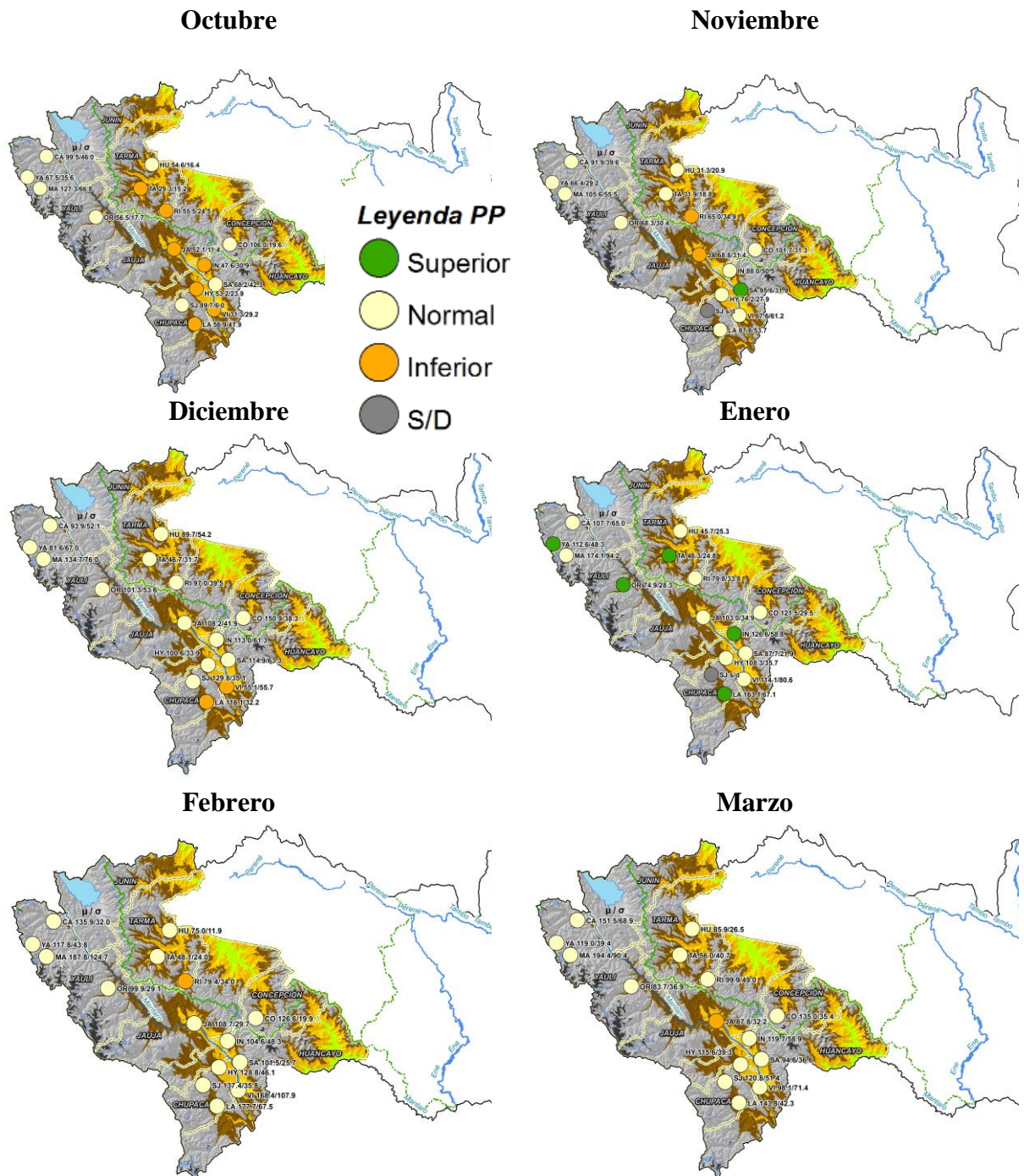


Figura 34: Comportamiento de las lluvias en la Fase Positiva del ONI – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal.

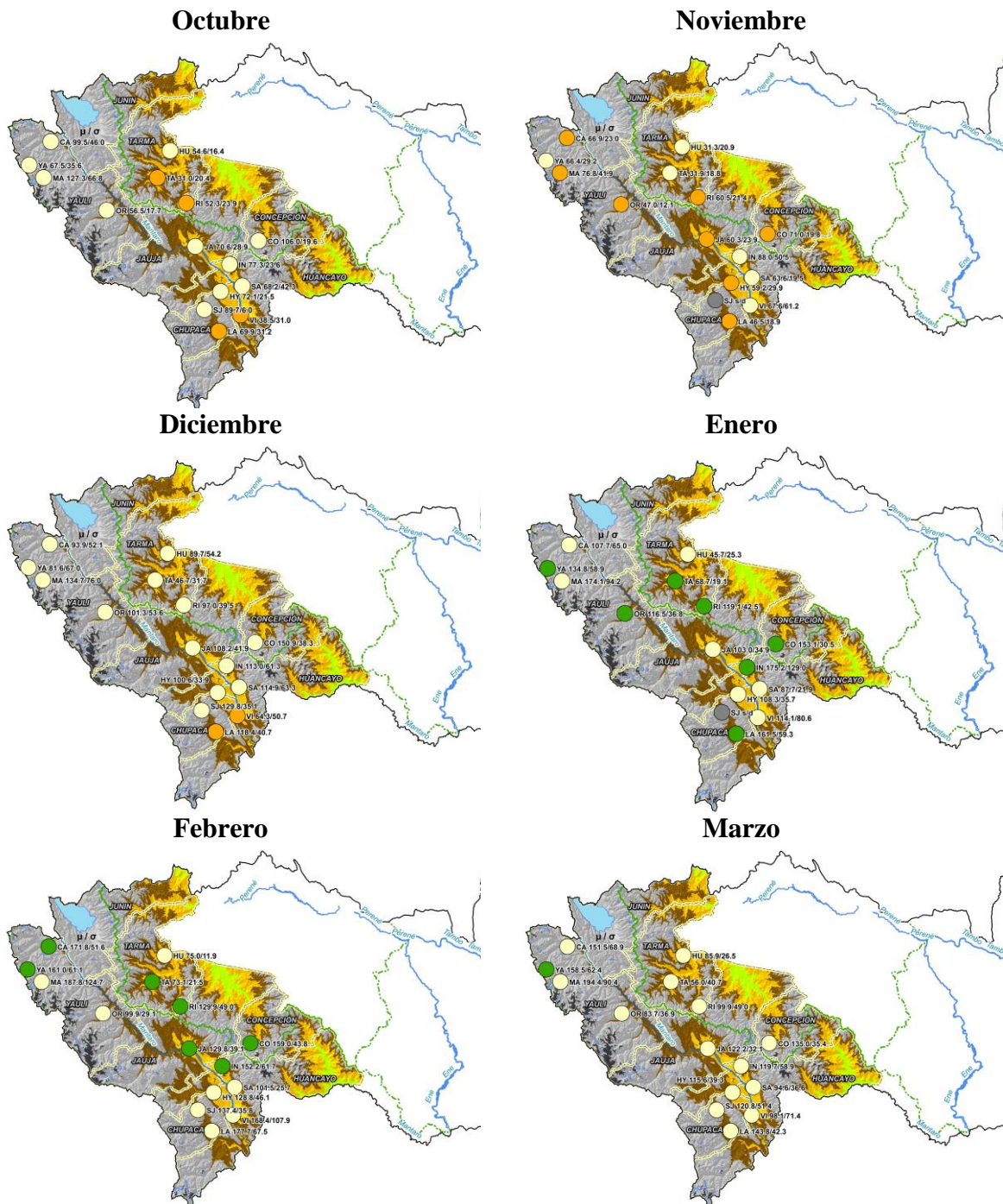


Figura 35: Comportamiento de las lluvias en la Fase Negativa del ONI – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal.

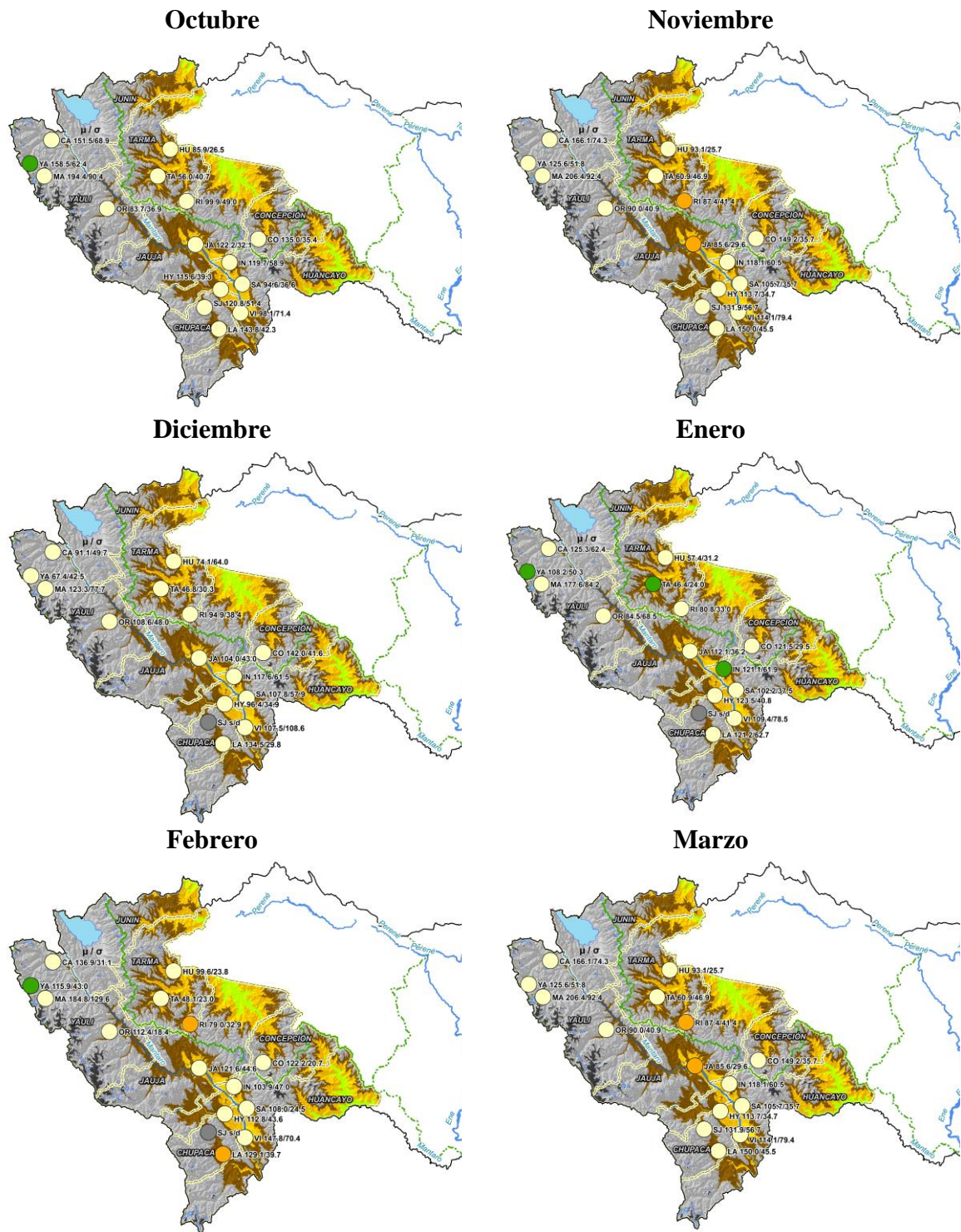


Figura 36: Efecto del índice ONI con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

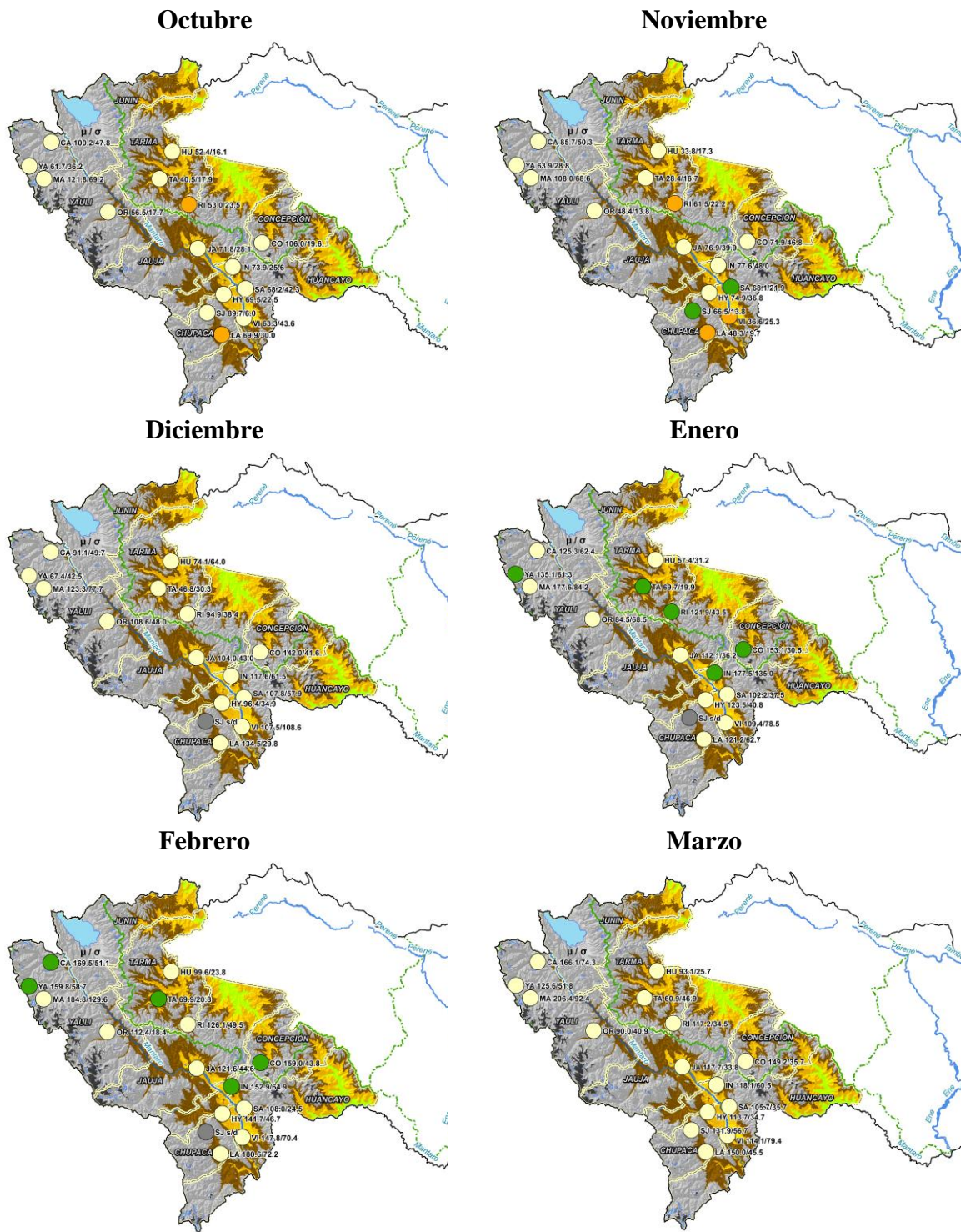


Figura 37: Efecto del índice ONI con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

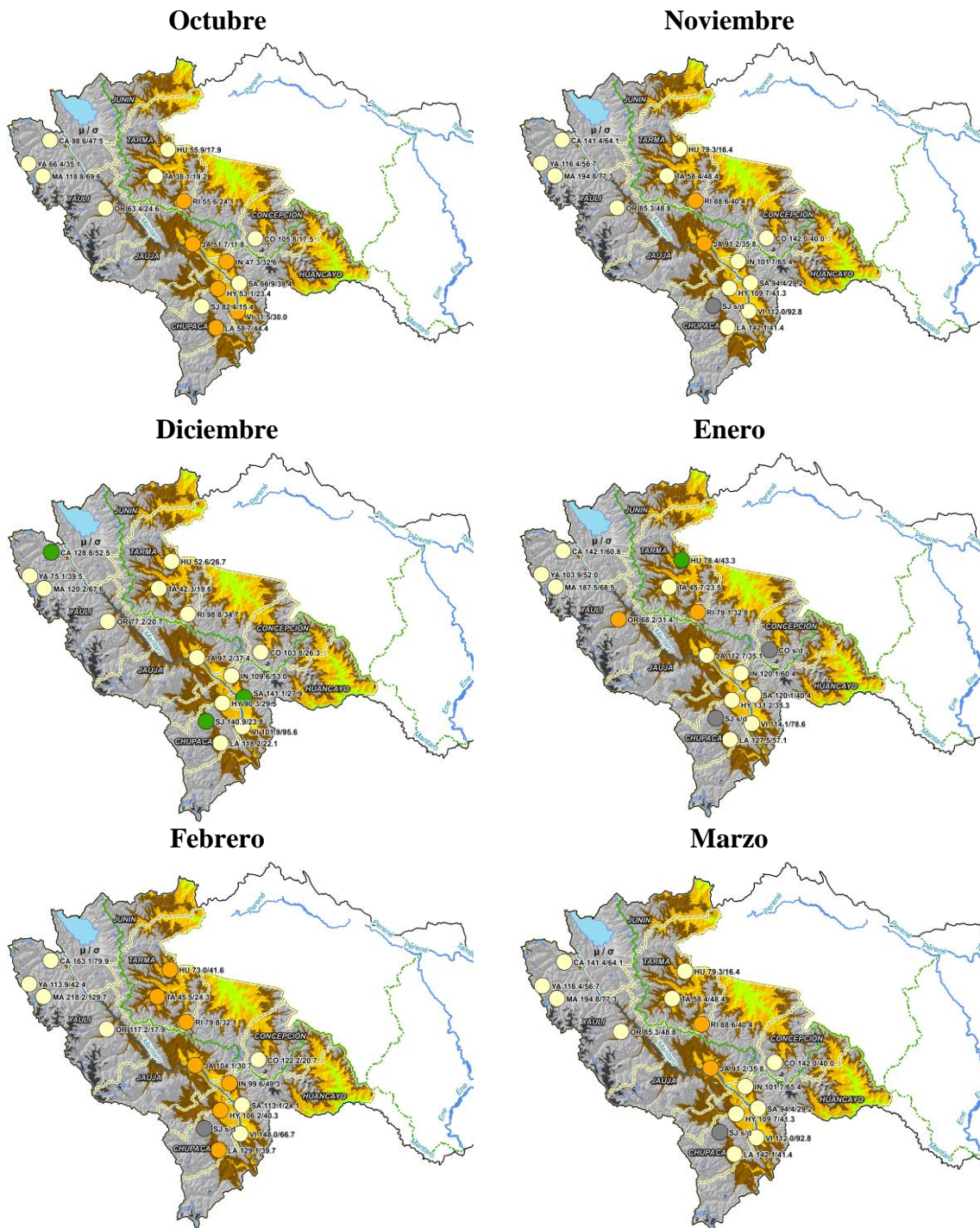


Figura 38: Efecto del índice ONI con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

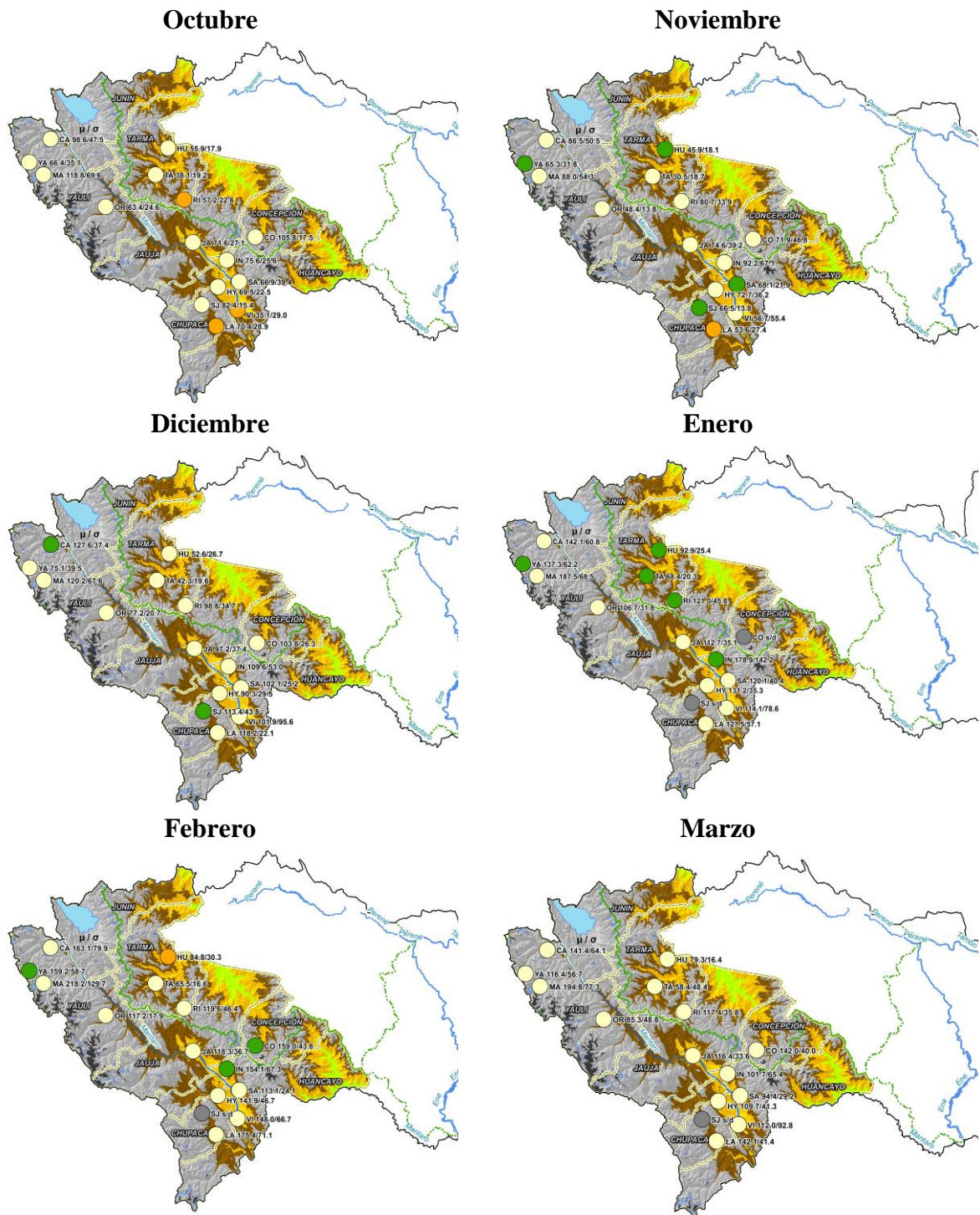


Figura 39: Efecto del índice ONI con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

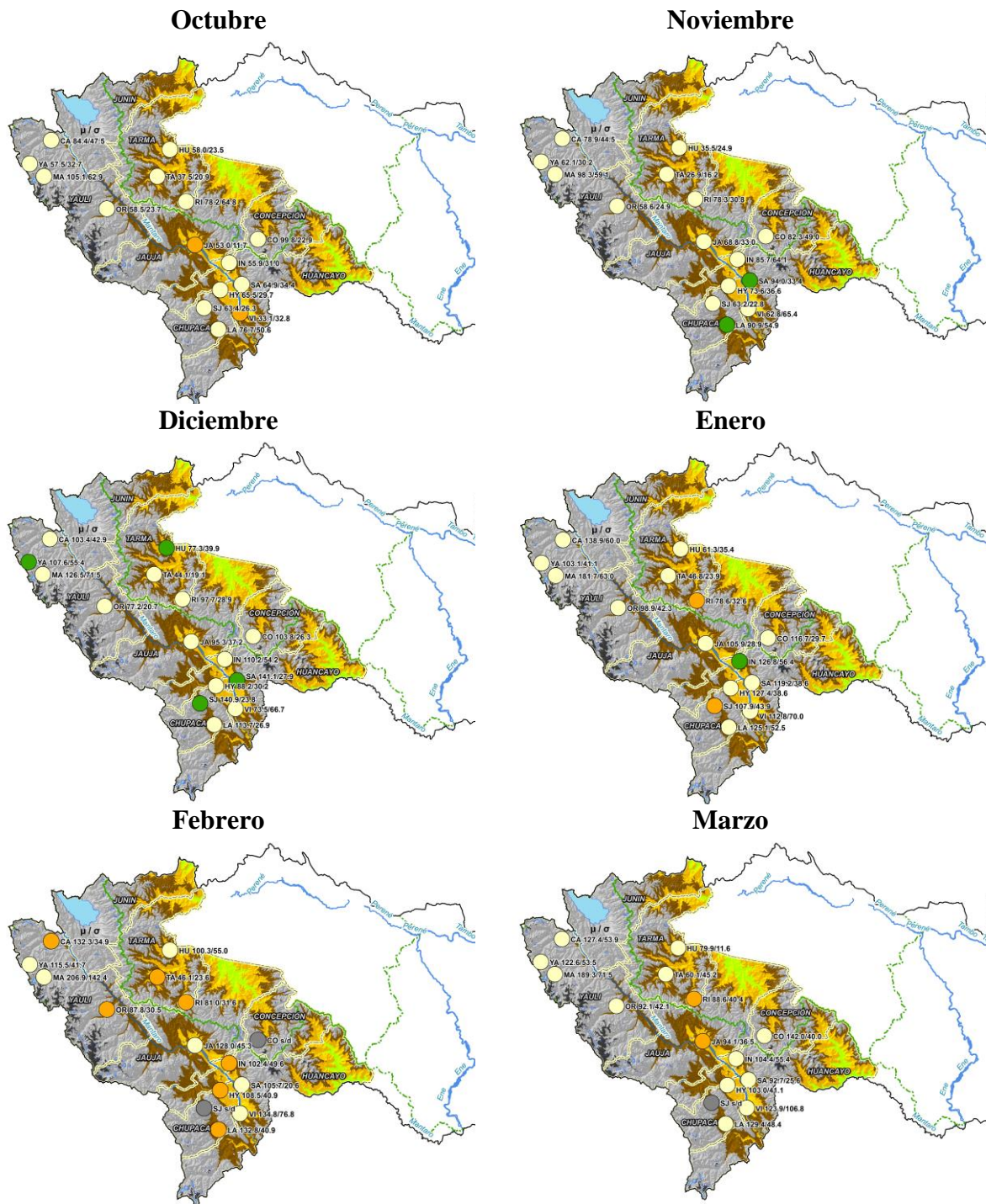


Figura 40: Efecto del índice ONI con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

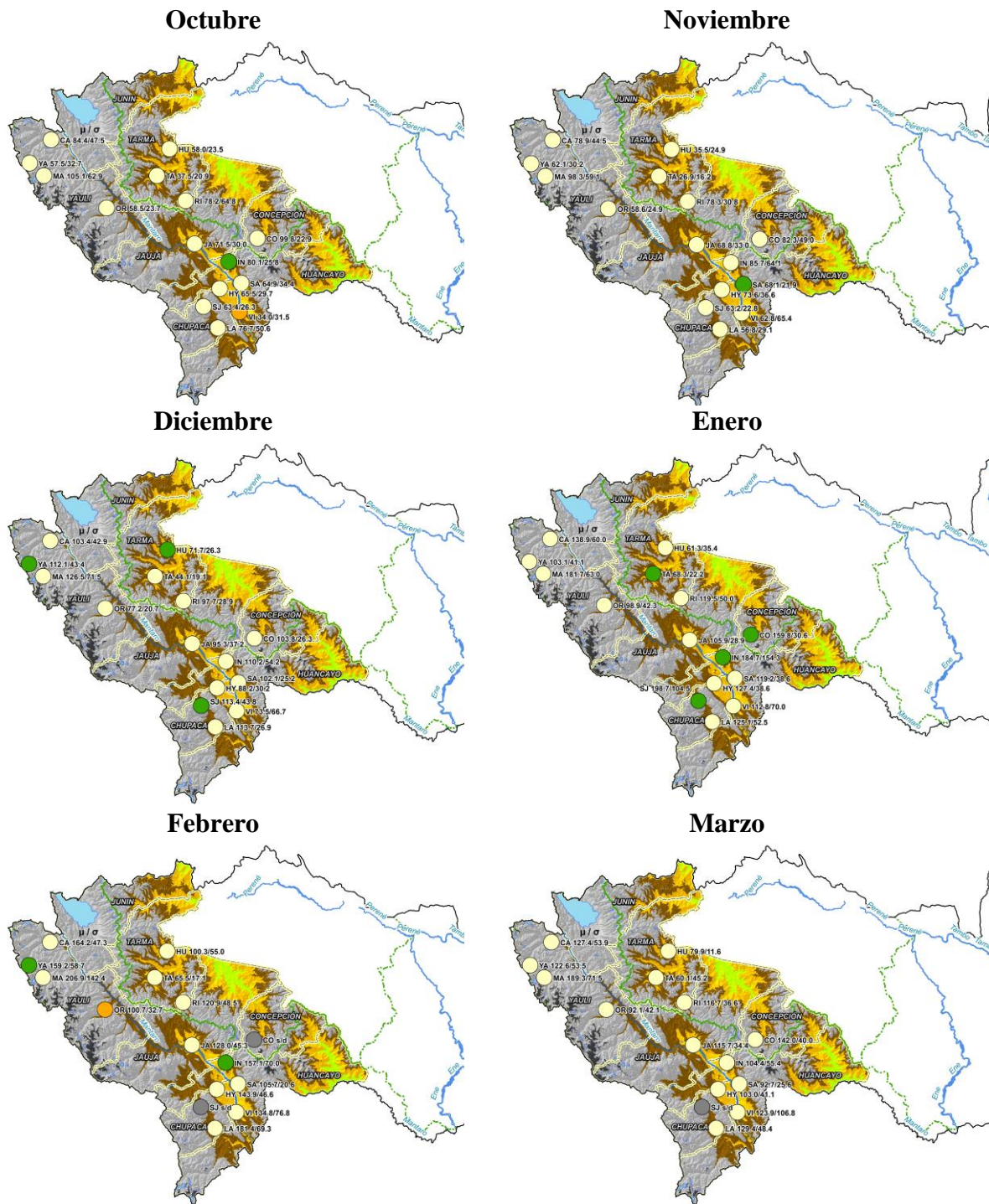


Figura 41: Efecto del índice ONI con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

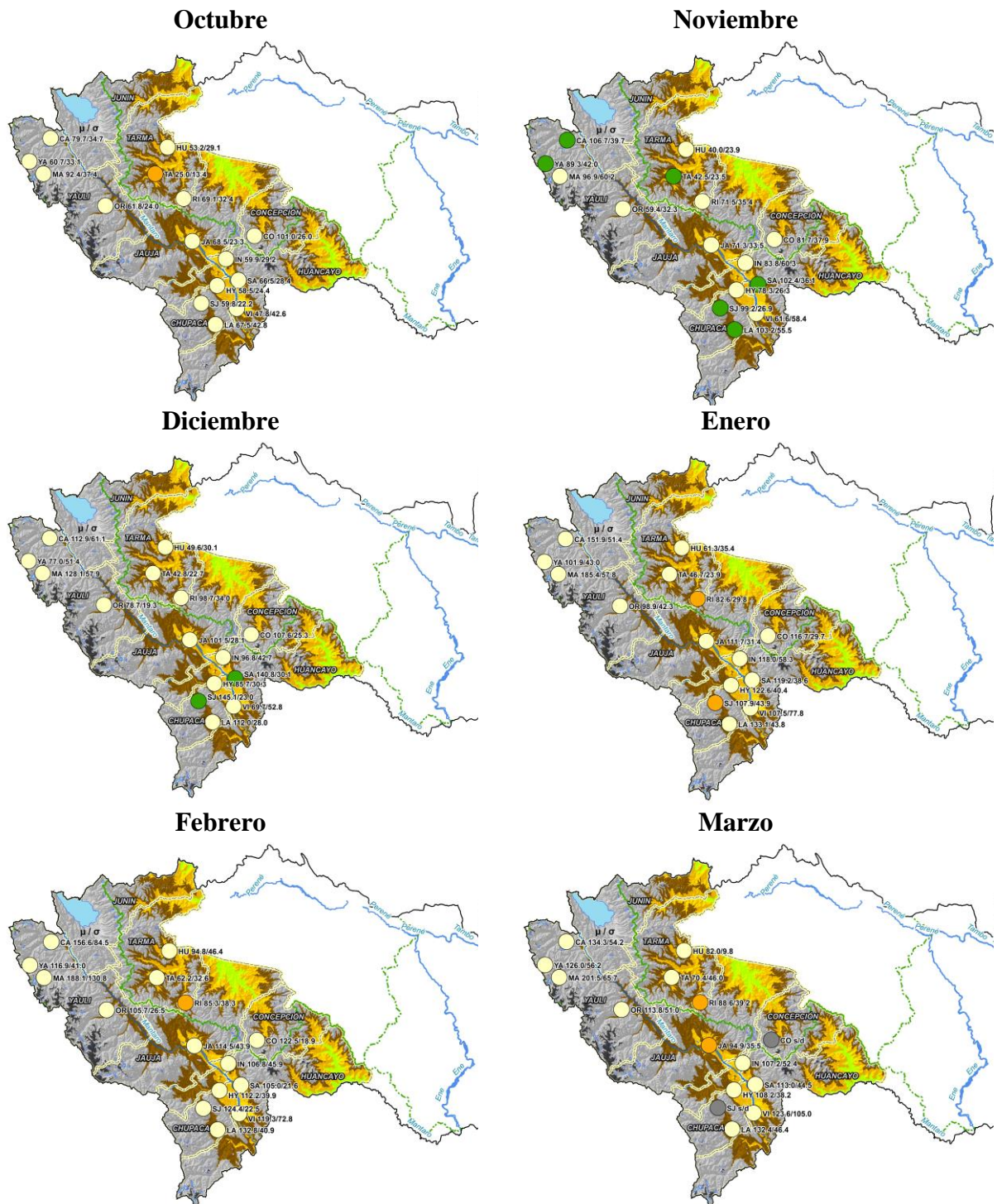


Figura 42: Efecto del índice ONI con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

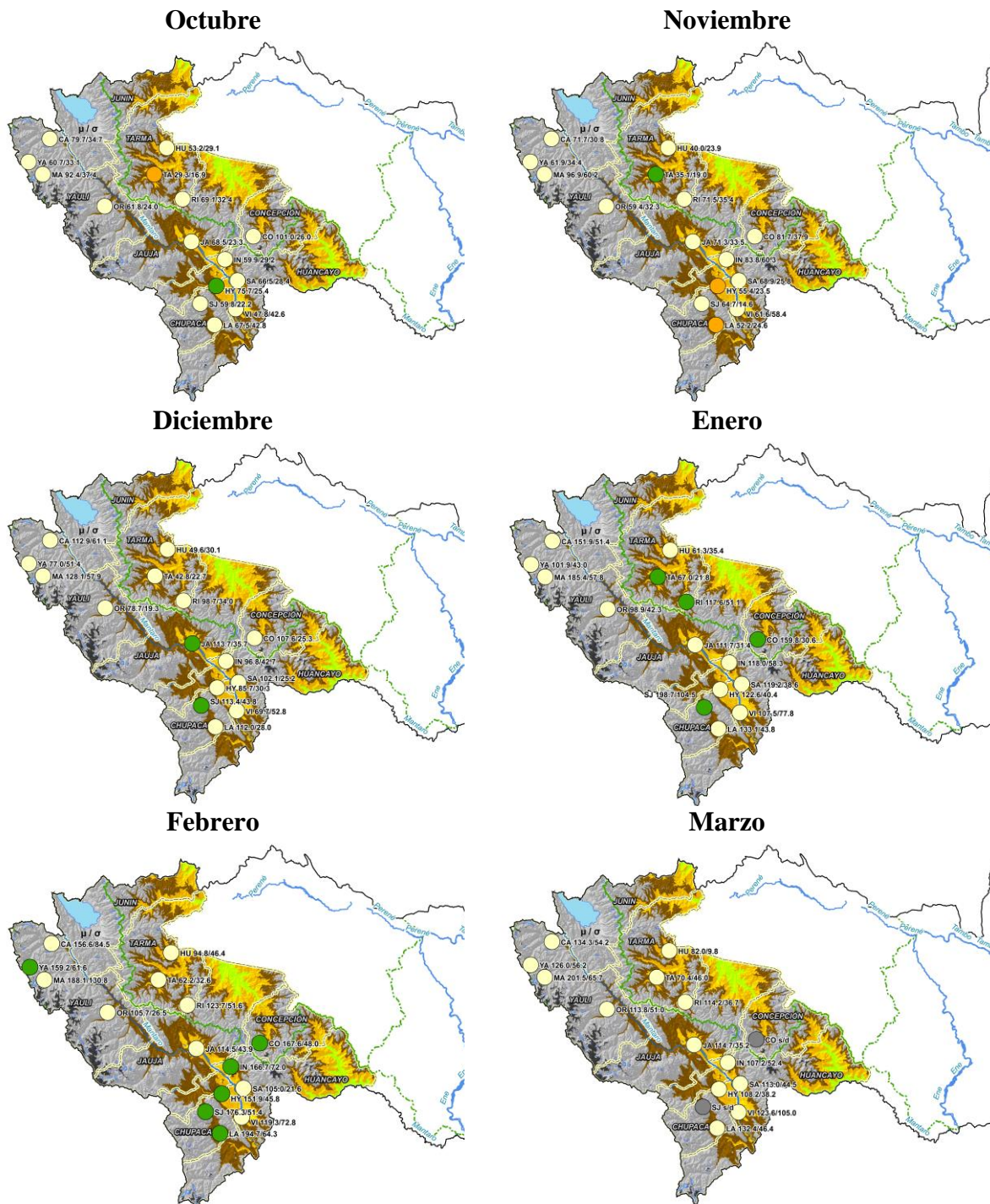


Figura 43: Efecto del índice ONI con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor <0.1)

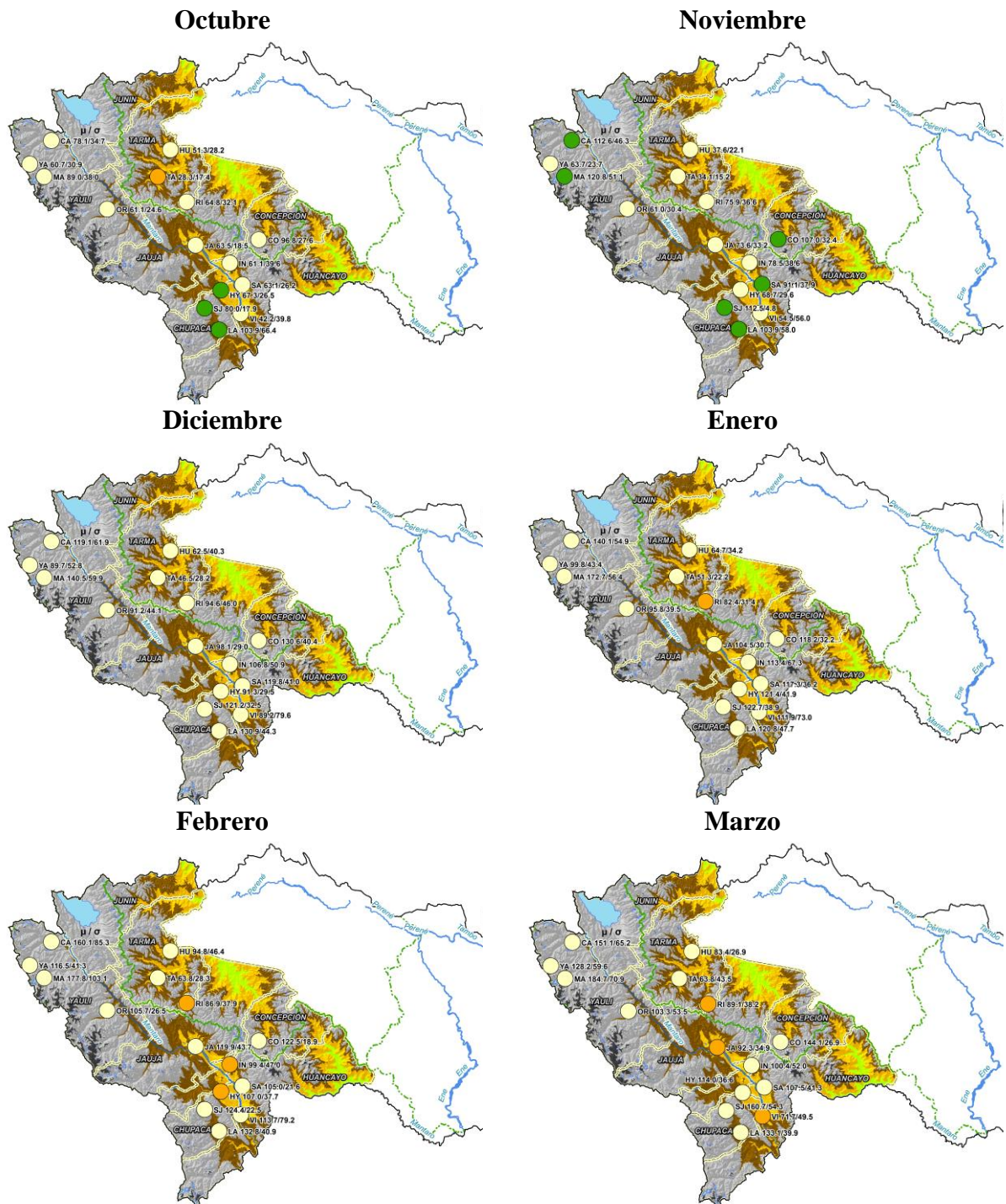


Figura 44: Efecto del índice ONI con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

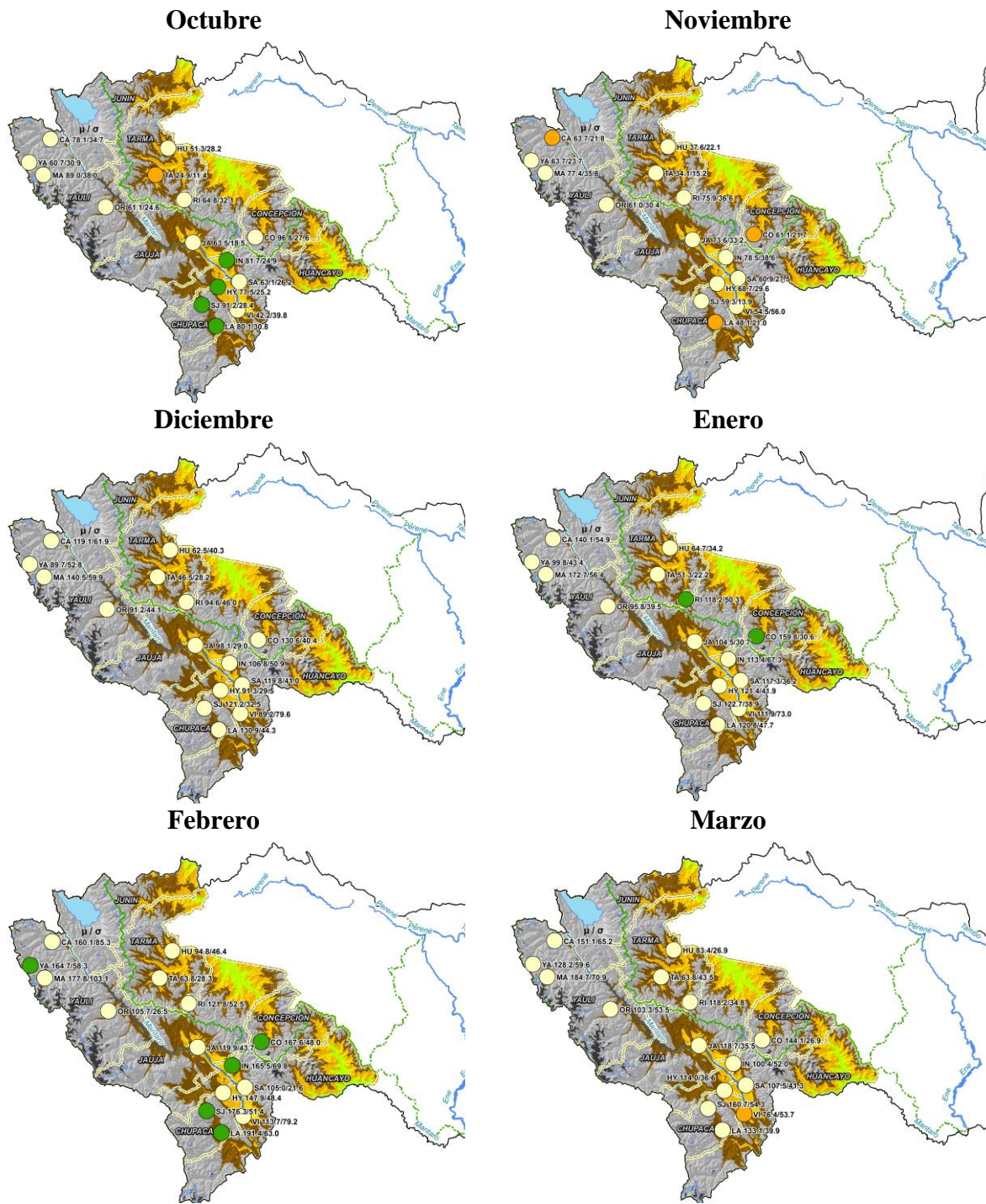


Figura 45: Efecto del índice ONI con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

4.3.2. LLUVIA E ICEN

Entre las figuras 46 al 57, se muestran los resultados del comportamiento de las lluvias en las fases positiva y negativa del índice ICEN para cada serie de tiempo (Lag 0, Lag 1, Lag 2, Lag 3, Lag 4 y Lag 5). En tonalidad verde se representa a lluvias sobre su normal, en blanco corresponde a condiciones alrededor de su normal climática y en naranja se muestran lluvias bajo su normal.

En la figura 46 y 47 se presenta los resultados del análisis de la serie histórica del índice ICEN con las anomalías de las lluvias del mismo mes (Lag 0). En gran parte de los meses no existe influencia de la fase positiva y negativa en el comportamiento de las lluvias, con predominio de lluvias dentro de lo normal; sin embargo, la señal climática, aunque débil, se manifiesta en octubre, enero y en menor proporción en febrero; tiende a acumular lluvias bajo sus valores normales en la zona colindante a la selva de Junín (Tarma y Ricrán) en enero durante la fase positiva, limitando a los primeros botones florales y la etapa reproductiva. Por otro lado, lluvias sobre lo normal en el valle del Mantaro en octubre y enero, y en el norte del Valle y Ricrán en el mes de febrero durante la fase negativa contribuirían al recurso hídrico óptimo del cultivo.

En la figura 48 y 49 correspondiente al análisis para el Lag 1, se observa que predomina lluvias sobre lo normal en el valle para el mes de octubre en ambas fases (positiva y negativa), mientras que en noviembre tendería a presentarse lluvias de normal a excesos durante la fase positiva y lluvias de normal a inferior en la fase negativa.

En la figura 50 y 51 correspondiente al análisis para el Lag 2, evidenciándose poca señal climática. En la fase positiva, condiciones normales predominan en la zona de interés, aunque enero y febrero presenta significancia estadística con tendencia a alcanzar lluvias bajo lo normal en el norte de la zona altoandina (La Oroya, Tarma, Huasahuasi y Ricrán) limitando la etapa de desarrollo del cultivo. Durante la fase negativa, algunas estaciones meteorológicas (Tarma, Jauja, Huayao, Ingenio y Laive) responde en octubre con excesos

de lluvia, siendo favorable las áreas sembradas en las zonas que inician su campaña agrícola en este mes.

En la figura 52 y 53 correspondiente al análisis para el Lag 3, disminuye más la señal de este índice, reflejándose sólo en el mes de octubre con lluvias bajo su normal en el norte de la zona de interés (La oroya, Tarma y Huasahuasi).

En la figura 54 y 55 correspondiente al análisis para el Lag 4, presenta señal climática en octubre con lluvias bajo lo normal en el valle (Ingenio, Huayao y Santa Ana) y cuenca media (Comas, Huasahuasi, Laive) y baja (Tarma) con tendencia a normalizarse en los siguientes meses durante la fase positiva, para enero tendería a presentarse lluvias sobre lo normal, aunque en estaciones más dispersas (Tarma, Huayao, Comas y Yantac) durante ambas fases. Para la fase negativa predominan condiciones dentro de lo normal, a excepción del mes mencionado anteriormente.

En la figura 56 y 57 correspondiente al análisis para el Lag 5, similar a los resultados con los índices a partir del Lag 2, disminuye la señal climática predominando condiciones dentro de lo normal en gran parte de los meses del periodo lluvioso, sin embargo, para el mes de enero se presenta significancia estadística con tendencia a presentar lluvias sobre lo normal durante ambas fases para las estaciones (Tarma, Huasahuasi, Yantac, Comas y Huayao).

Con los resultados obtenido tanto para ONI e ICEN, en las estaciones meteorológicas donde no se encontraron significancia estadística, podría asociarse a que responden a otros índices de teleconexión o simplemente otros factores climáticos (no necesariamente con teleconexiones del océano pacífico ecuatorial) explican en su totalidad la variabilidad de las lluvias a nivel local o regional, como lo sugiere Lavado y Espinoza (2014).

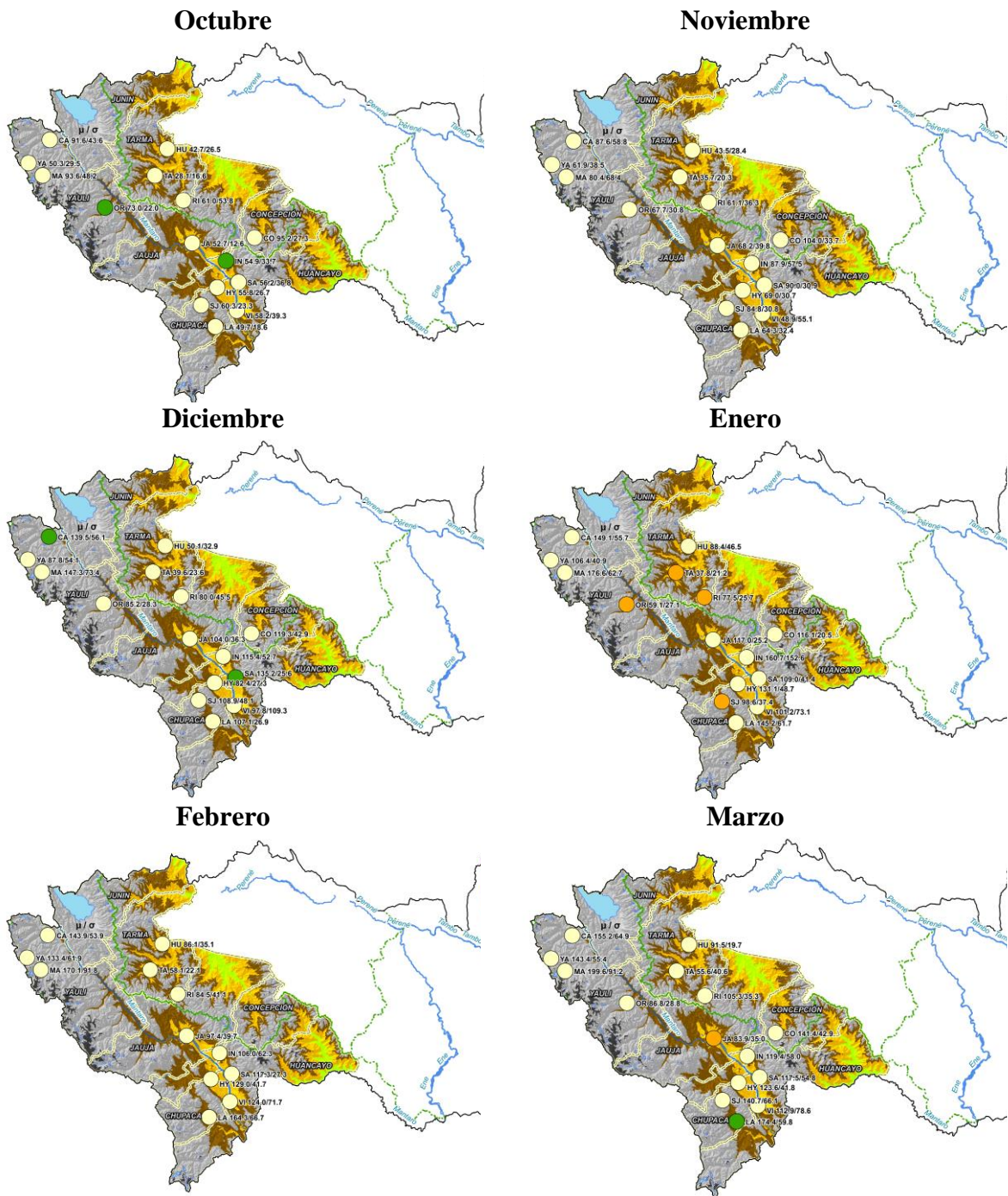


Figura 46: Comportamiento de las lluvias en la Fase Positiva del ICEN – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal.

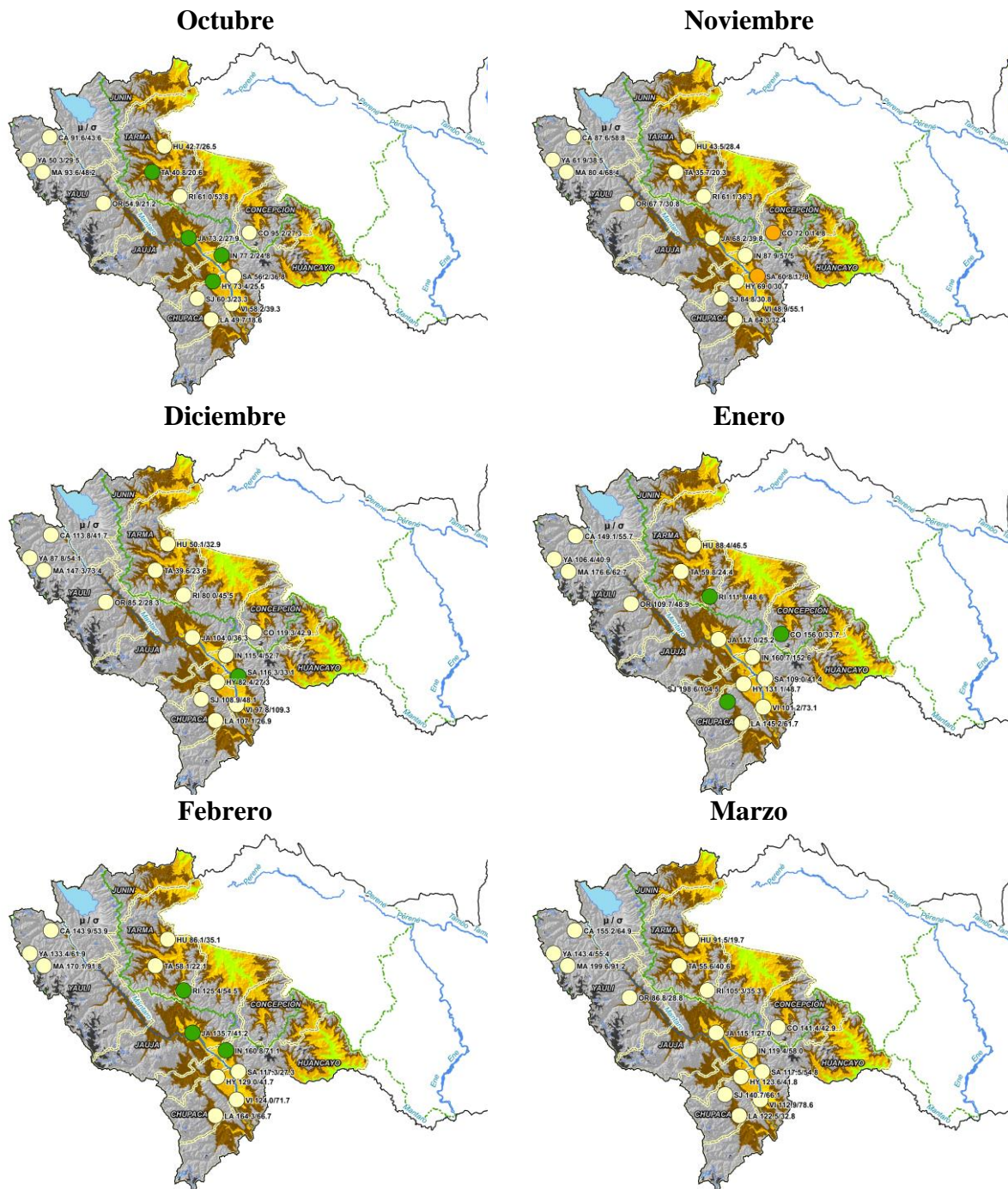


Figura 47: Comportamiento de las lluvias en la Fase Negativa del ICEN – “Lag 0” para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1). En verde lluvias sobre lo normal, en blanco cerca de lo normal y en naranja lluvias bajo lo normal.

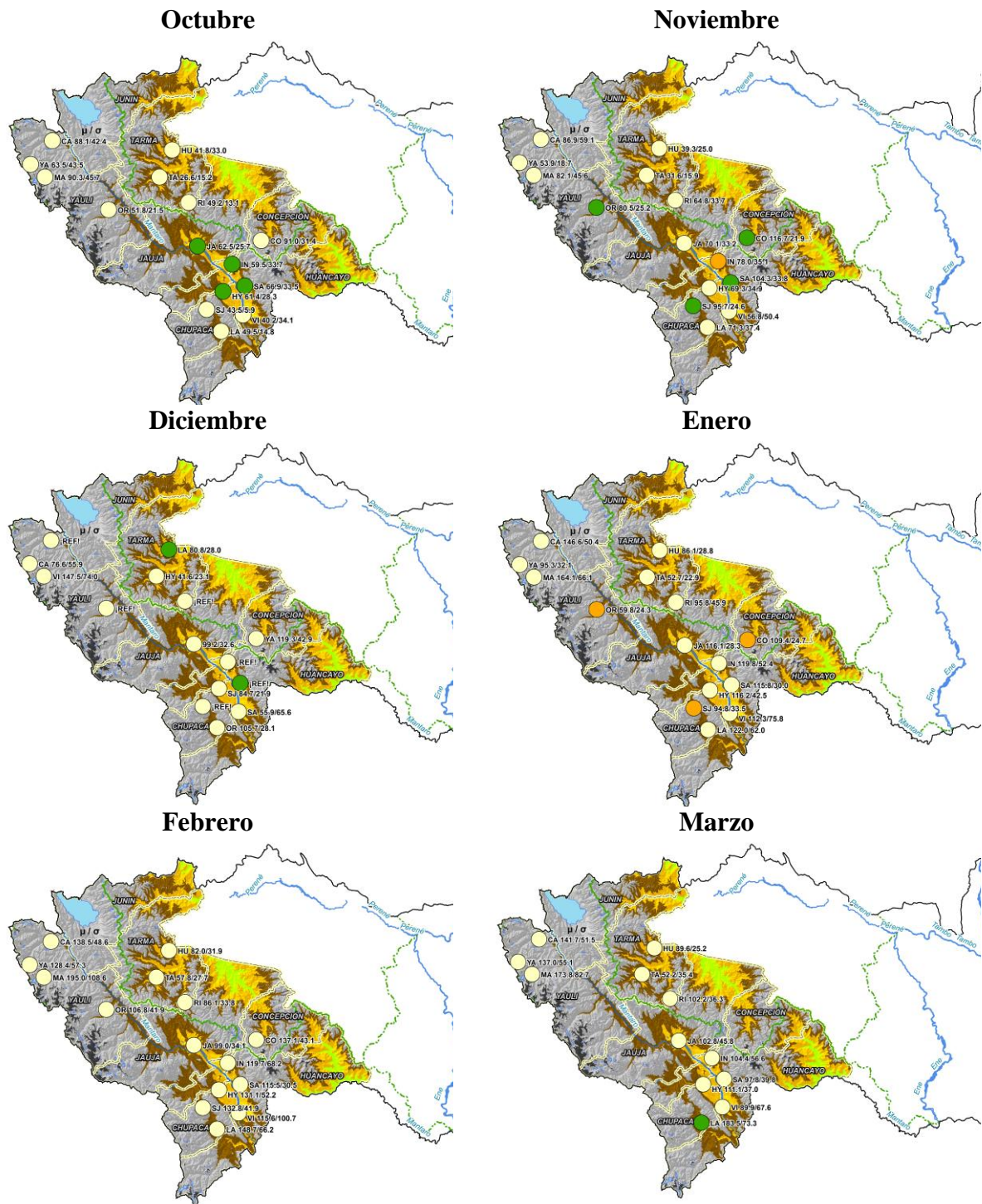


Figura 48: Efecto del índice ICEN con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

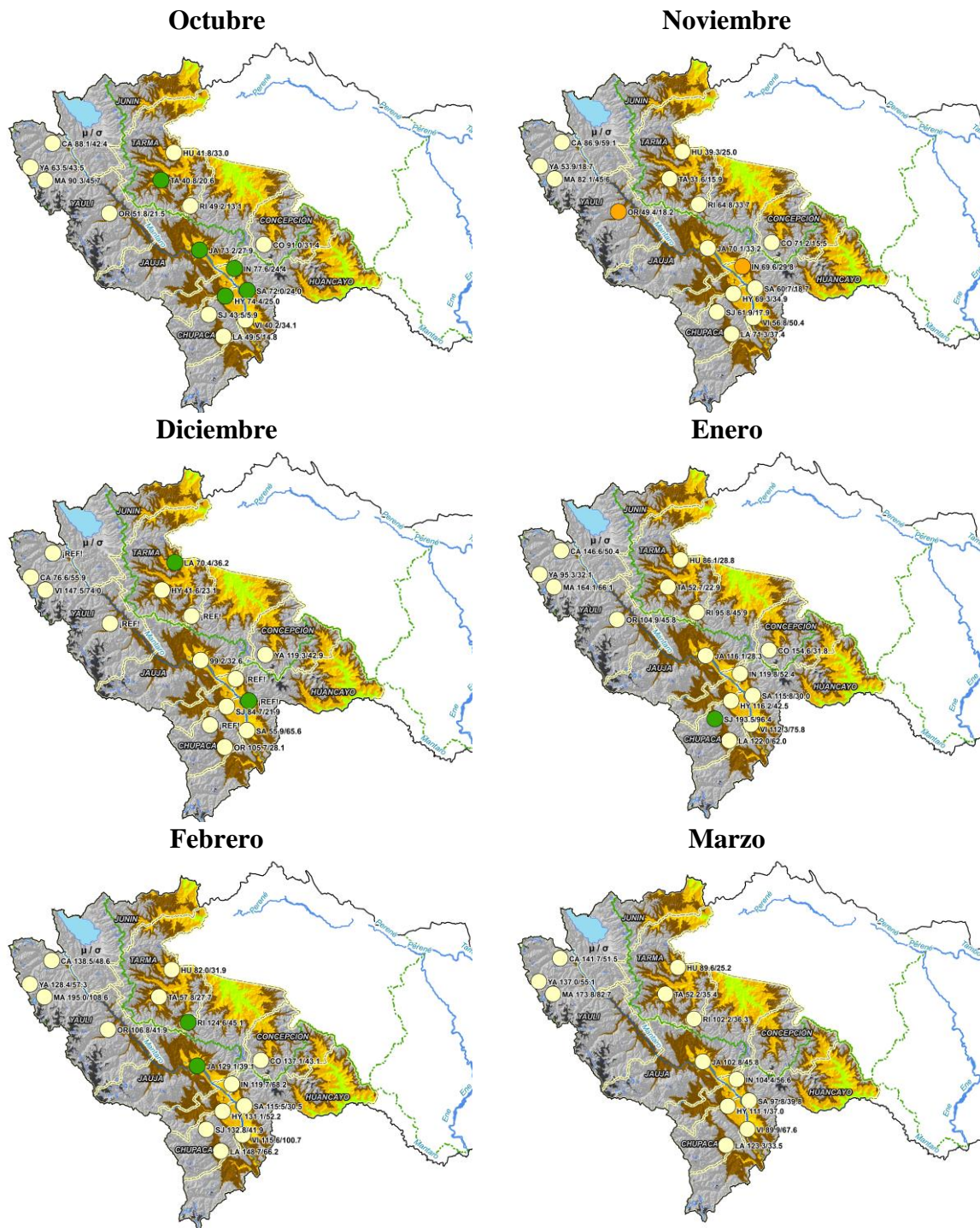


Figura 49: Efecto del índice ICEN con un mes de anterioridad (“Lag 1”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

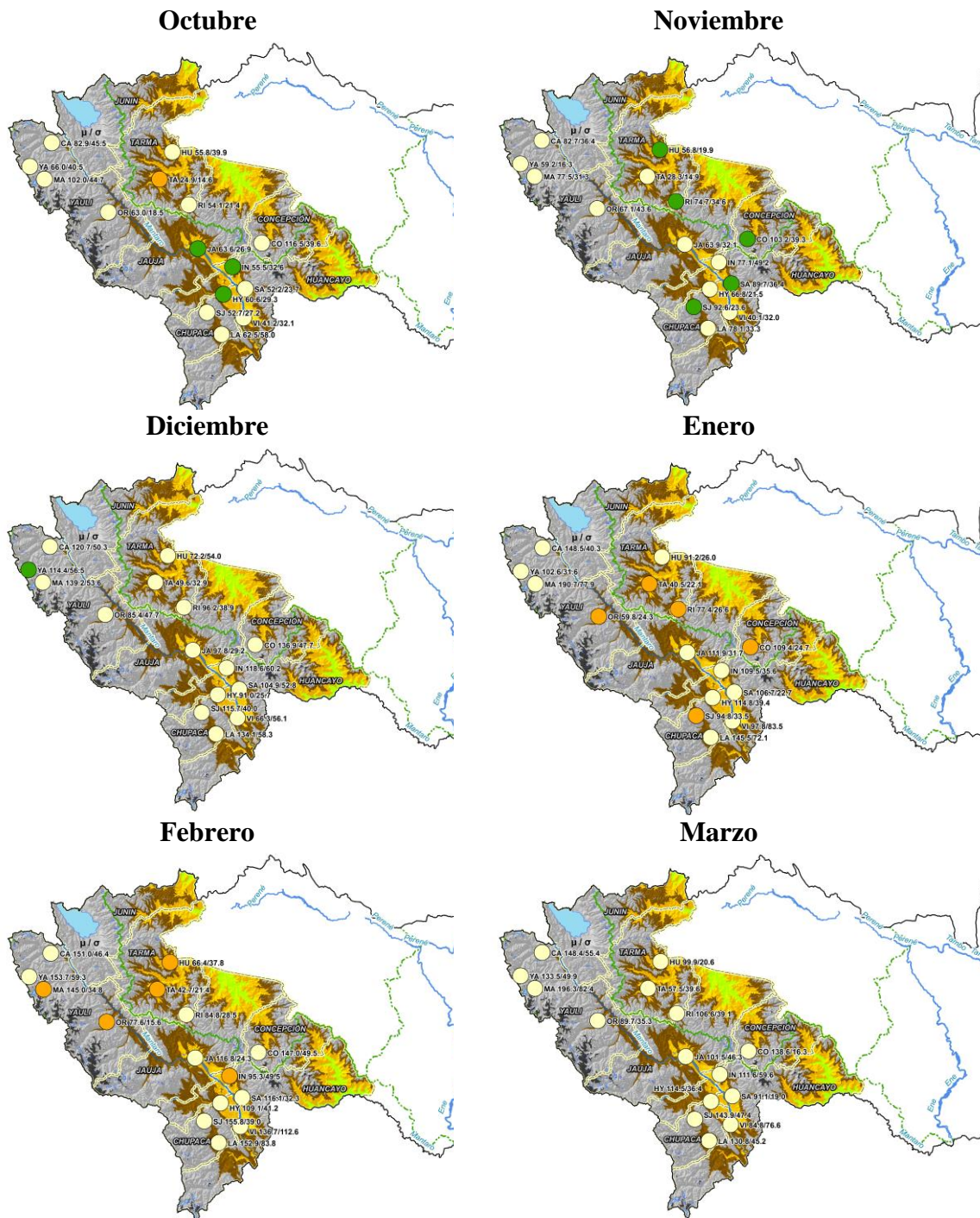


Figura 50: Efecto del índice ICEN con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

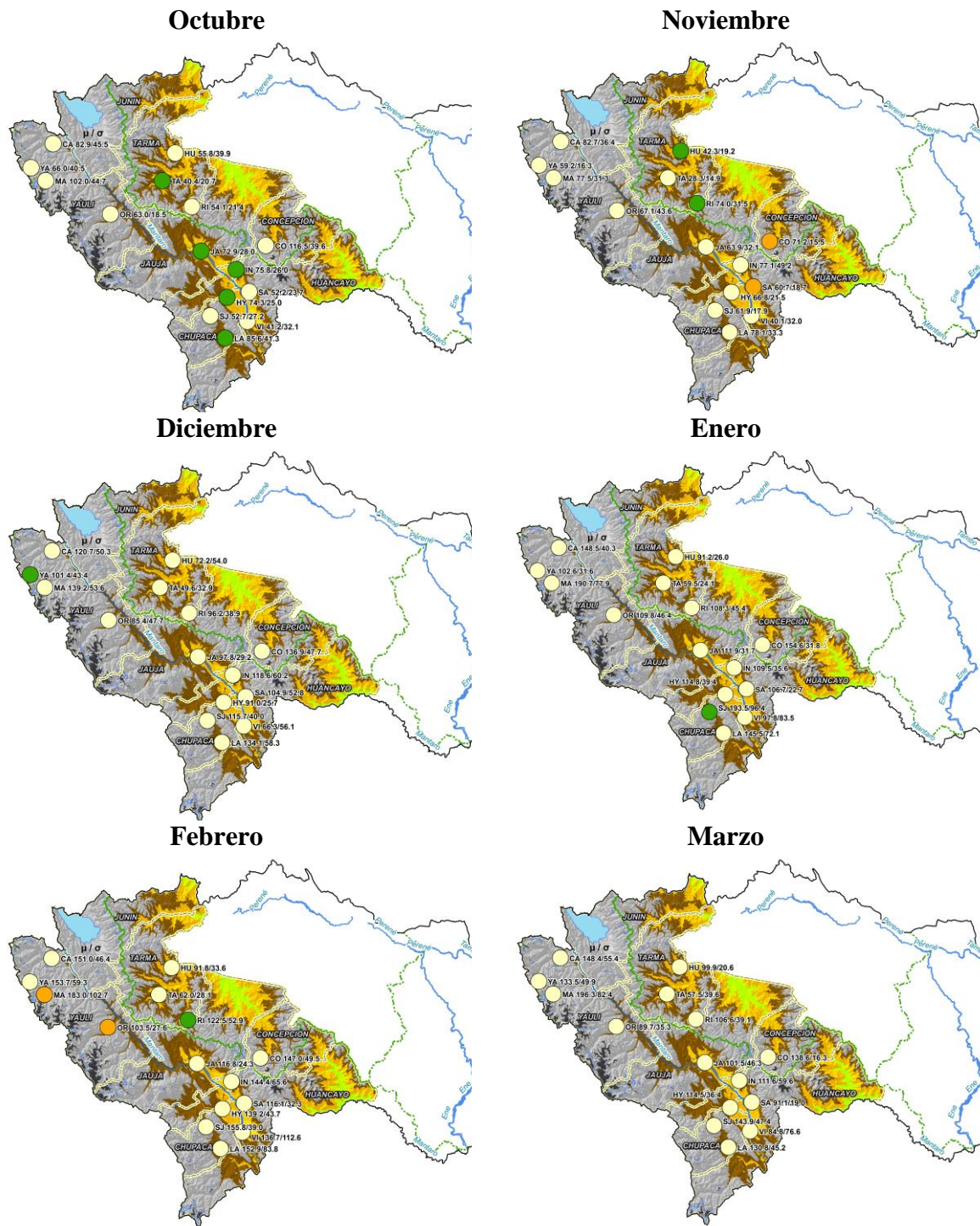


Figura 51: Efecto del índice ICEN con dos meses de anterioridad (“Lag 2”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

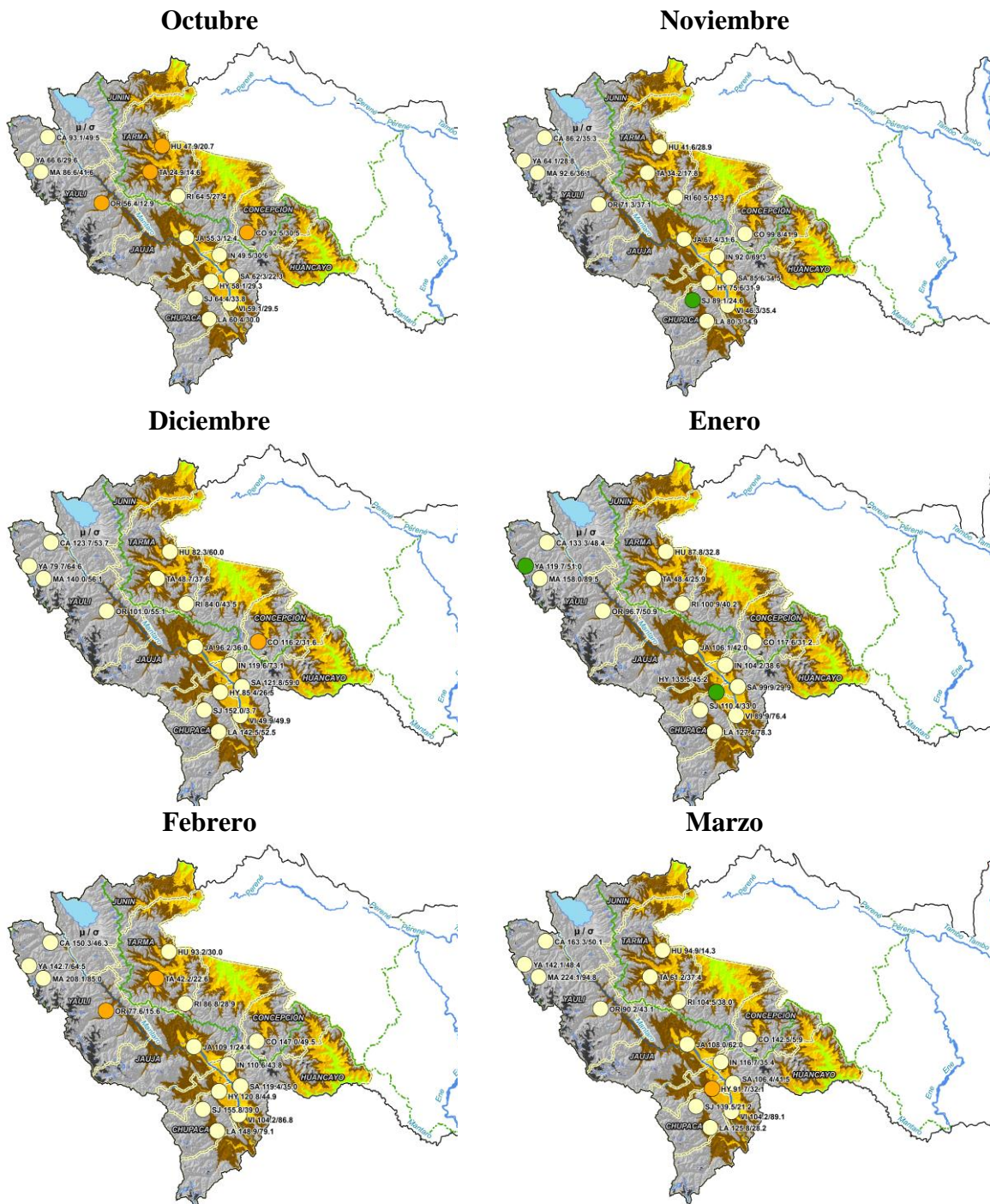


Figura 52: Efecto del índice ICEN con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

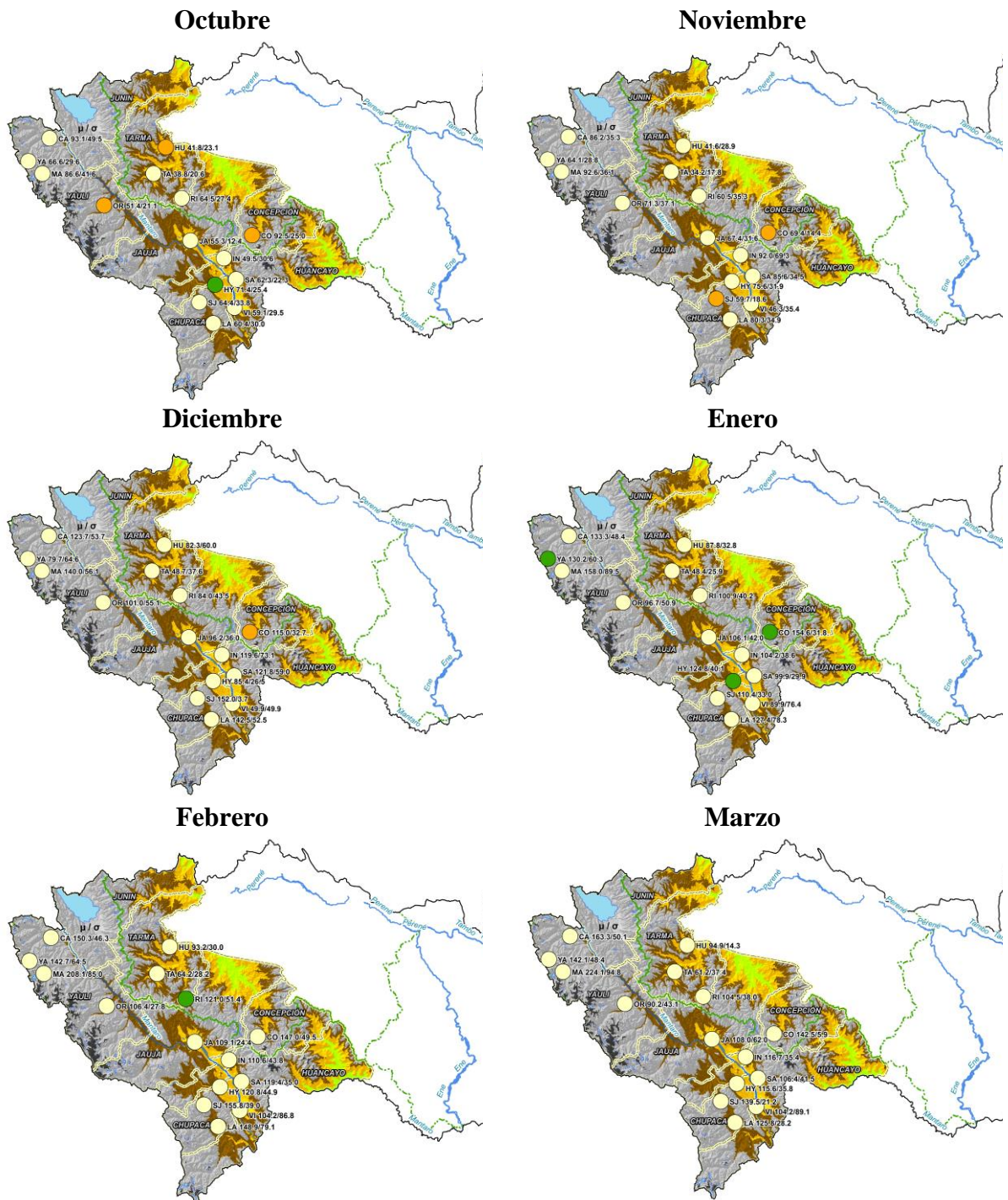


Figura 53: Efecto del índice ICEN con tres meses de anterioridad (“Lag 3”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

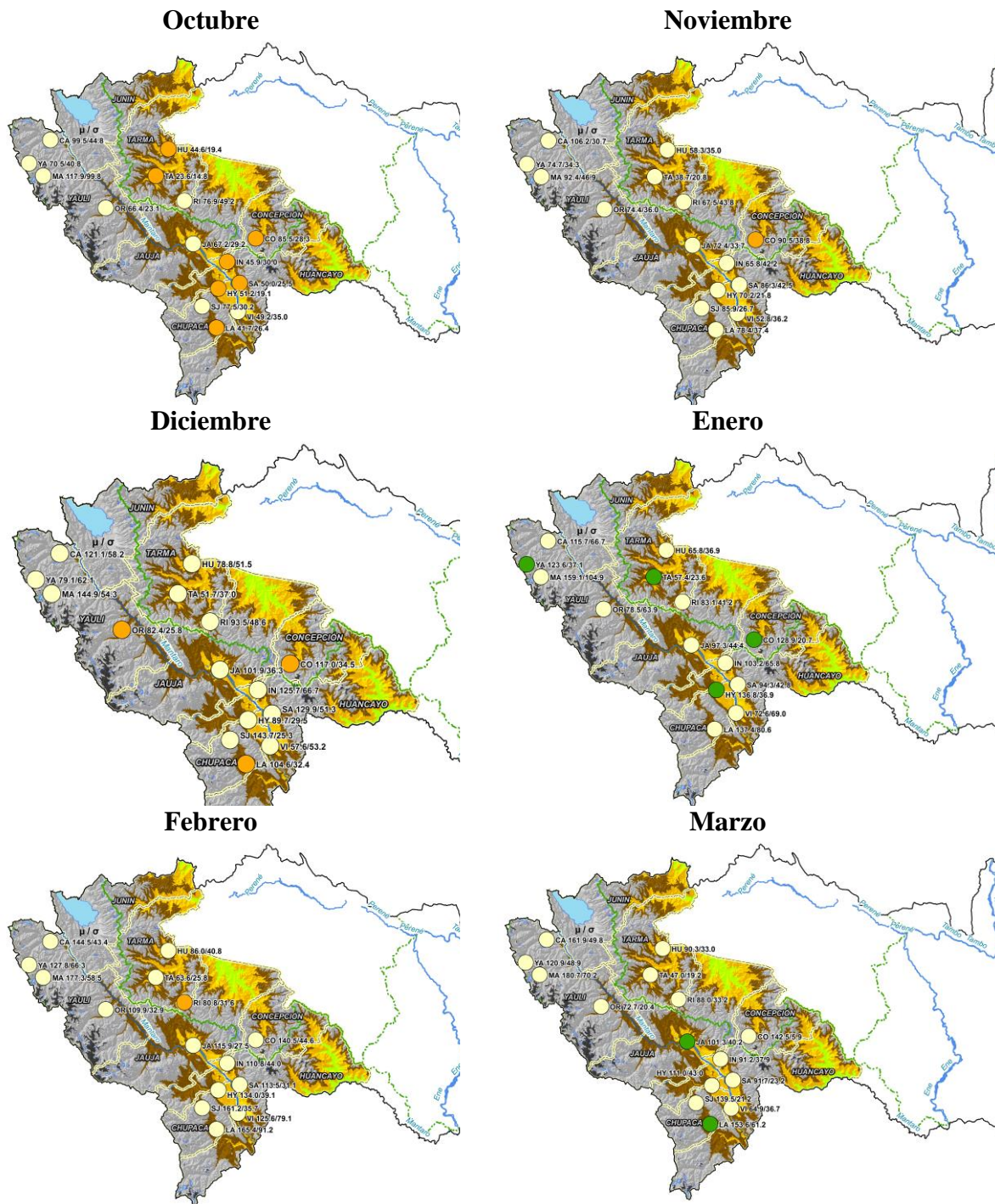


Figura 54: Figura 56. Efecto del índice ICEN con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

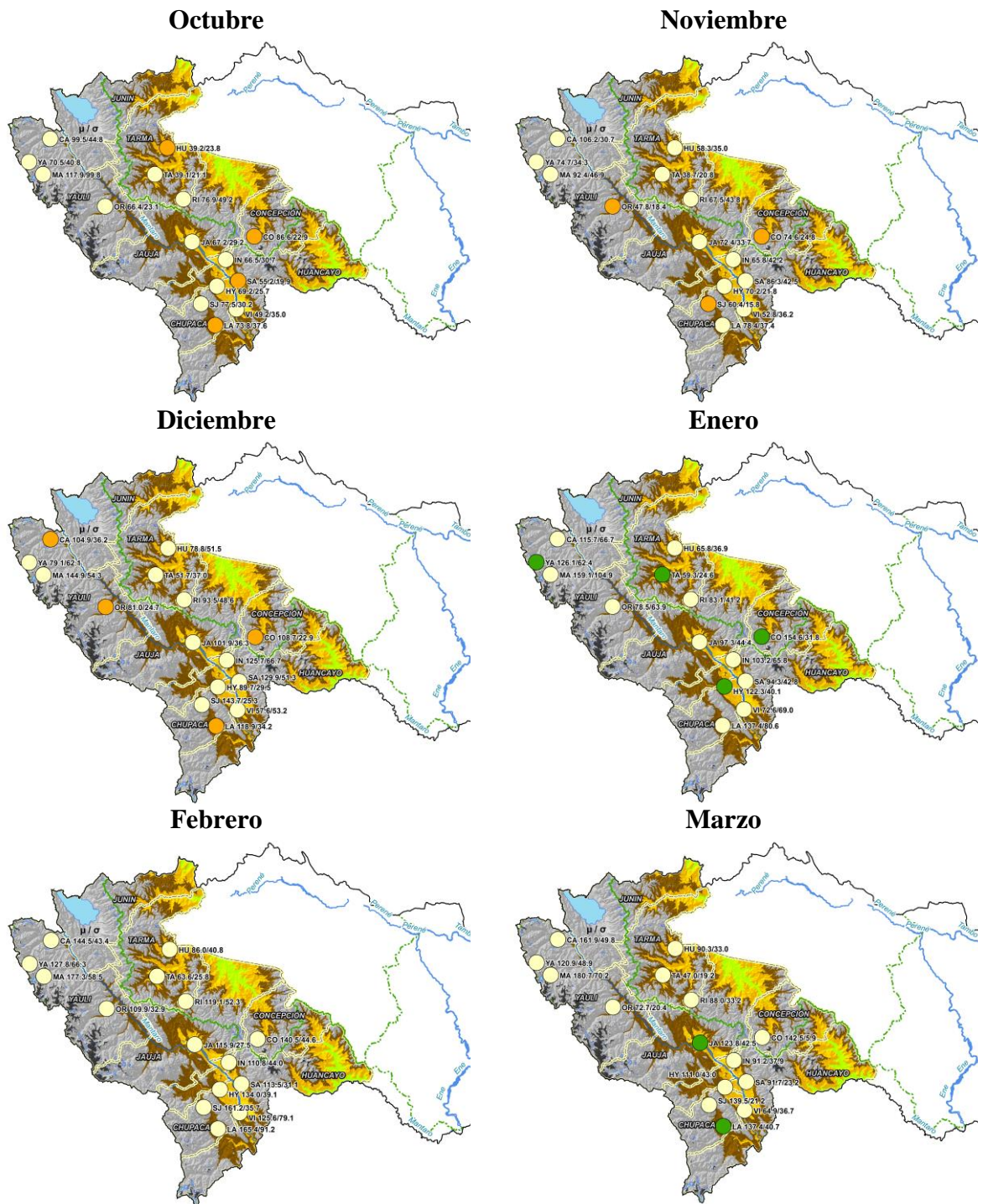


Figura 55: Efecto del índice ICEN con cuatro meses de anterioridad (“Lag 4”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

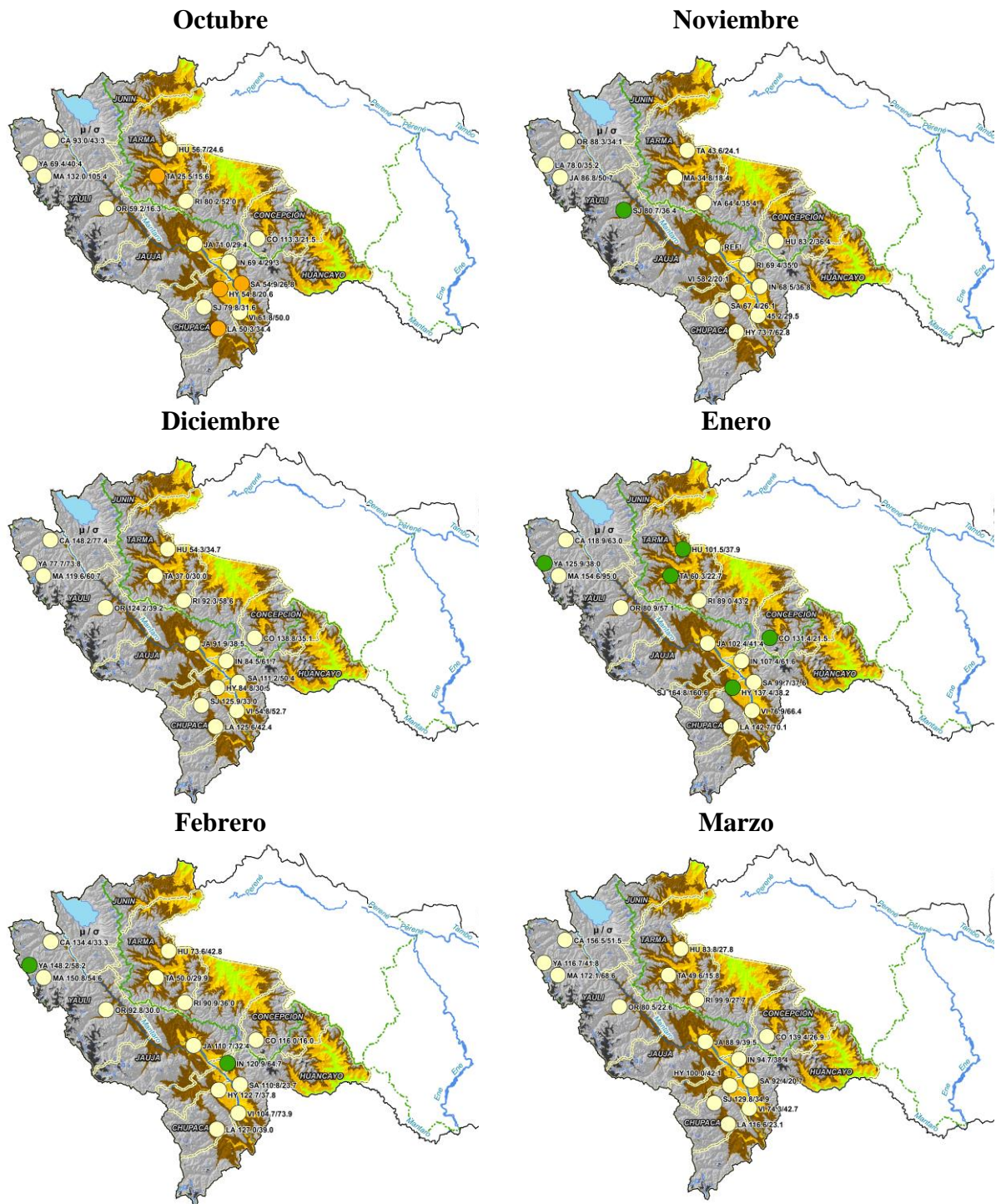


Figura 56: Efecto del índice ICEN con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Positiva sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

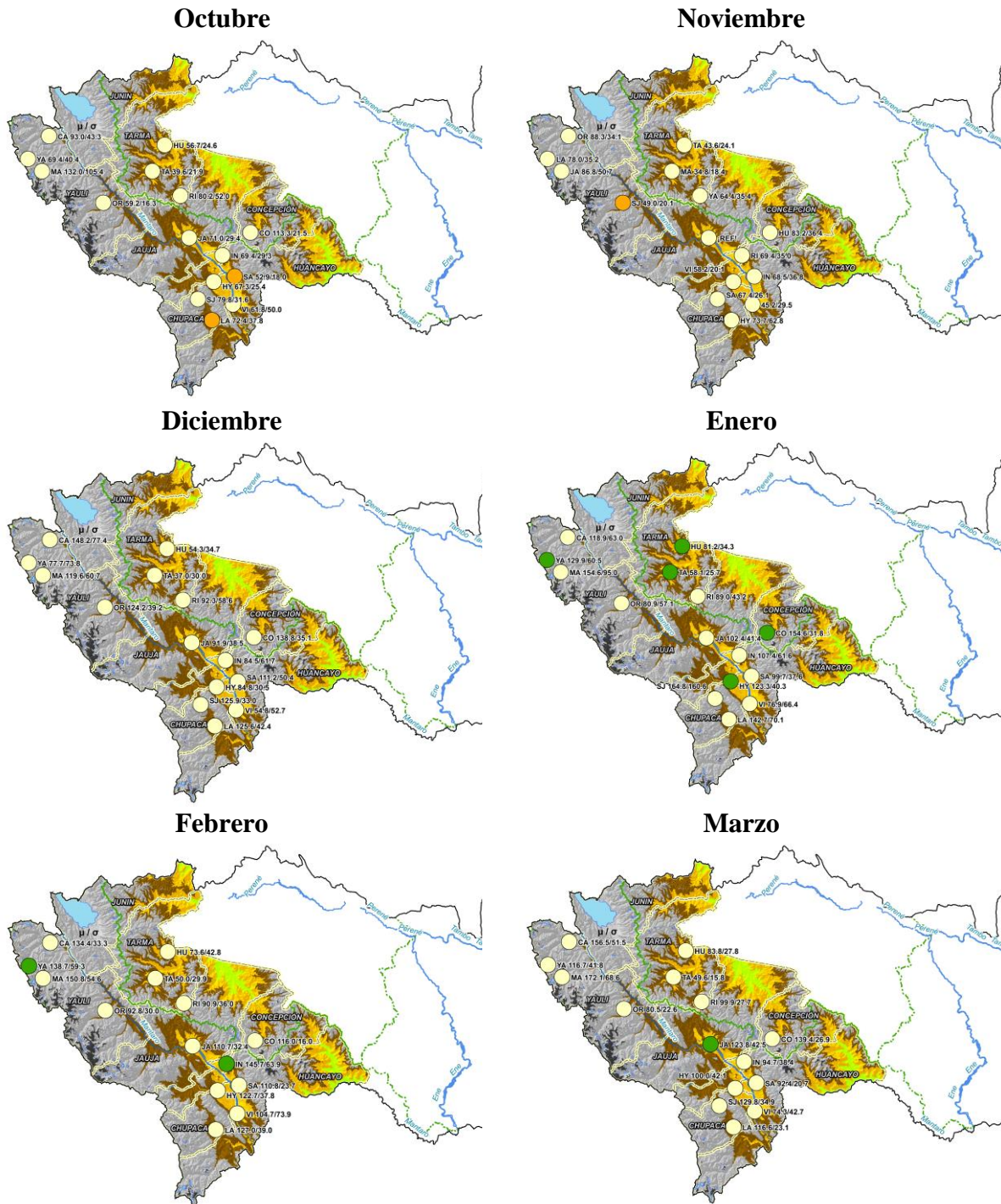


Figura 57: Efecto del índice ICEN con cinco meses de anterioridad (“Lag 5”) de la Fase Negativa sobre las lluvias para los meses de octubre – marzo (significancia en P-valor < 0.1).

4.4. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

A través de la serie estadístico del rendimiento a nivel distrital, se obtuvo los residuales de rendimiento analizando alguna relación directa entre las fases ENSO con los índices ONI e ICEN. Se categorizaron los residuales de rendimientos anuales con el índice del trimestre octubre-noviembre-diciembre debido que el mes de referencia como fecha de siembra fue noviembre, ya que se obtuvo en este mes el mayor porcentaje promedio de la superficie sembrada durante las campañas agrícolas históricas recopiladas a través de la Dirección Regional de Junín. Luego se obtuvieron los P-valor con un nivel de significancia α : 0,1, reflejando la influencia de estos índices con P-valor inferior a α . En el Anexo 6 y 7 se muestran los P-valor en los distritos que no fueron estadísticamente significativas, con los índices ONI e ICEN, respectivamente.

En la figura 58, se presentan los mapas obtenidos para los 104 distritos productores de papa en la fase positiva, neutral y negativa tanto para el índice ONI e ICEN. Las tonalidades verdes indican, en promedio, residuales de rendimientos positivos, en tonalidades naranja a rojo rendimientos negativos y en tonalidad amarillo rendimiento con poca variación porcentual.

Para el diagnóstico (Lag 0) de los rendimientos con el índice ONI, gran parte de los distritos no presenta diferencia estadísticamente significativa entre las fases ENSO y el comportamiento de los residuales de rendimiento. En promedio, 84 distritos presentan una menor variabilidad del residual de rendimiento con valores entre -3 a +3 por ciento (tonalidad amarillo) respecto a su tendencia. En 7 distritos: La Oroya, San Juan de Jarpa, Yanacancha, Chupuro, Saño, Andamarca y Pariahuanca se presentaron residuales de rendimiento entre 3 a 6 por ciento (color rosado) menos que su tendencia, mientras que otros 7 distritos: Carhuamayo, San pedro de Cajas, Palca, Curicaca, Janjaillo, Pancan y Huertas presentaron entre 3 a 6 por ciento más que su tendencia (color verde), siendo estos resultados tanto para la fase positiva, neutral o negativa.

Sin embargo, los distritos que presentaron diferencia significativa, indican en promedio que el distrito de Junín, presenta residuales de rendimiento que tienden a ser más bajos en condiciones de la fase positiva en un 31,8 por ciento menor a su tendencia, mientras que rendimientos de 4,4 por ciento sobre su tendencia se presenta en condiciones neutras y rendimientos con poca variabilidad de 0,7 por ciento menos que su tendencia bajo condiciones de la fase negativa. Los otros cuatro distritos pertenecientes a la provincia de Yauli, tienden a presentar rangos promedio de residuales de rendimiento entre 12,2 a 20 por ciento sobre su tendencia coincidiendo con lluvias dentro de lo normal en la fase positiva, rendimientos entre 2,8 a 4,8 por ciento menor a su tendencia en condiciones neutras y rendimientos entre 24 a 25,2 por ciento menor a su tendencia, coincidiendo con lluvias variables durante la campaña, presentándose lluvias bajo lo normal en noviembre y entre normal a superior en enero y febrero durante la fase negativa.

En la tabla 16, se muestra para los distritos con significancia estadística a un 90 por ciento de confianza, los valores de residuales de rendimientos y su desviación estándar, observando que la fase negativa presenta mayor variabilidad que el resto de fases, pudiendo influir la ubicación de estos distritos con condiciones climáticas más limitantes donde el vector regional pluviométrico de esta zona resultó más variable que el resto de vectores regionales principalmente a inicios de la campaña agrícola.

Tabla 16: Distribución de residuales de rendimiento (porcentaje) de papa para cada fase ENSO con el índice ONI en distritos con significancia estadística.

| Provincia | Distrito | Residual Promedio (%) | | | Desviación Estándar promedio | | | P - Valor | Número de Años | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------|------------------------------|------------------|-------------------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) | | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) |
| Junín | Junín | -31.8 | 4.4 | -0.7 | 48.5 | 14.0 | 15.1 | 0.09 | 3 | 10 | 4 |
| Yauli | Chacapalca | 20.0 | -4.7 | -24.9 | 15.5 | 14.2 | 43.8 | 0.05 | 4 | 11 | 4 |
| Yauli | Huay-Huay | 17.6 | -4.8 | -24.0 | 14.6 | 14.1 | 44.3 | 0.08 | 4 | 11 | 4 |
| Yauli | Santa Rosa de Sacco | 12.2 | -2.8 | -24.2 | 22.9 | 12.8 | 43.5 | 0.1 | 4 | 11 | 4 |
| Yauli | Suitucancha | 17.2 | -3.7 | -25.2 | 25.6 | 13.5 | 43.6 | 0.09 | 4 | 11 | 4 |

Para el diagnóstico (Lag 0) del rendimiento con el índice ICEN, se observó que al igual que con el índice ONI, no se evidencia diferencia estadísticamente significativa entre las tres fases en la mayoría de los distritos. En promedio, 50 distritos concentrados en Tarma, Junín, Chupaca, Concepción y Huancayo presentan residuales de rendimientos entre -3 a +3 por ciento respecto a su tendencia, sólo en 7 distritos (Ulcumayo, San Pedro de Cajas, Andamarca, Pariahuanca, Chacapalca, Huay Huay y La Oroya) oscilaron valores entre 3 y 10 por ciento menos que su tendencia, mientras que varios distritos, en total 43, ubicados en la totalidad de la provincia de Jauja, además de algunos distritos de la provincia de Concepción y Huancayo presentaron valores entre 3 y 10 por ciento más que su tendencia, tanto para la fase positiva, neutral o negativa. Es así que se observa un panorama favorable con mayores residuales de rendimiento bajo las mismas condiciones naturales, comparado con el índice ONI.

Respecto a los distritos que presentaron diferencia estadísticamente significativa, fueron sólo 3 distritos productores, ubicados en las zonas altas de la provincia Yauli, que manifestaron señal climática. Se muestra en la tabla 17, los valores de residuales de rendimiento, desviación estándar y el P-valor a un 90 por ciento de confianza; tiende a oscilar en promedio entre 13,1 a 13,9 por ciento sobre su tendencia bajo condiciones de la fase positiva, entre 5,8 a 10,3 por ciento menos a su tendencia en condiciones neutras y entre 16,1 a 18,6 por ciento menos que su tendencia bajo condiciones de la fase negativa, siendo ésta última fase la de mayor variabilidad, coincidiendo esta zona con condiciones climáticas más limitantes donde el vector regional pluviométrico de esta zona resultó más variable que el resto de vectores regionales principalmente a inicios de la campaña agrícola.

Tabla 17: Distribución de residuales de rendimiento (porcentaje) de papa para cada fase ENSO con el índice ICEN en distritos con significancia estadística.

| Provincia | Distrito | Residual Promedio (%) | | | Desviación Estándar promedio | | | P - Valor | Número de Años | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------|------------------------------|------------------|-------------------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) | | Fase Positiva (+) | Fase Neutral (0) | Fase Negativa (-) |
| Yauli | Paccha | 13.3 | -10.3 | -16.1 | 14.6 | 7.9 | 36.0 | 0.1 | 6 | 6 | 7 |
| Yauli | Santa Rosa de Sacco | 13.1 | -9.8 | -16.2 | 16.6 | 8.8 | 35.7 | 0.1 | 6 | 6 | 7 |
| Yauli | Suitucancha | 13.9 | -5.8 | -18.6 | 20.2 | 12.6 | 35.8 | 0.1 | 6 | 6 | 7 |

En base a los párrafos anteriores, se explicaron los resultados del comportamiento de los residuales rendimientos ante cada escenario ENSO. Se consideró como respuesta sólo la componente climática, ya que es más complicado trabajar con los rendimientos propios que involucran factores tecnológicos, capacidad humana, mercado, entre otras. En ese sentido, ante los escenarios esperados bajo condiciones de la fase positiva, neutral o negativa, se pretende contribuir en la generación de conocimiento como información útil orientado al sector agrícola (productores y tomadores de decisiones) con la finalidad de minimizar la afectación en el los distritos donde predominan menores residuales de rendimiento, optimizando el rendimiento del cultivo de papa a través de mejores prácticas y garantizar un rendimiento óptimo en condiciones adversas bajo condiciones naturales.

Cabe resaltar que para futuros análisis, se debe tomar en consideración incrementar la serie histórica de estadísticas de producción agrícola, así como la evaluación de la calidad de la misma, con la finalidad de incrementar la robustez de los resultados, similares a diversos estudios internacionales que examinaron las fases ENSO y su impacto en los rendimientos de cultivos, estableciendo escenarios para los tipos del comportamiento de la producción (Hansen et al., 1998; Fraisse et al., 2006; Royce et al., 2011).

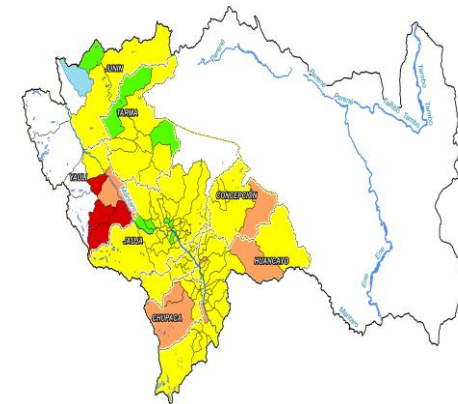
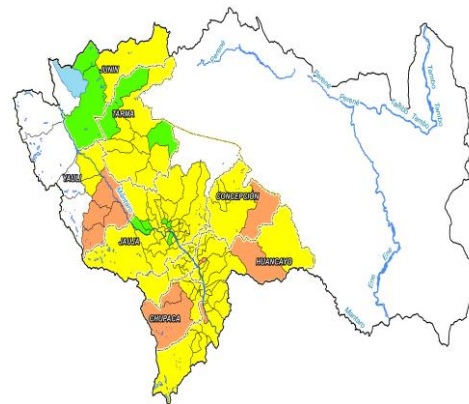
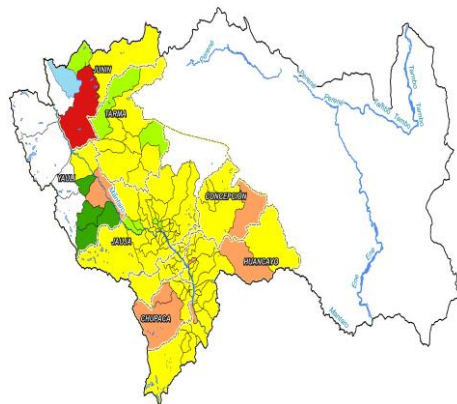
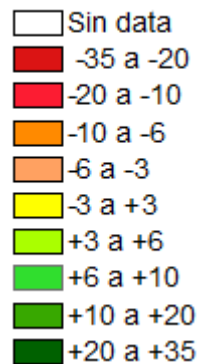
ONI

Fase Positivo

Fase Neutral

Fase Negativo

Residual (%)



ICEN

Residual (%)

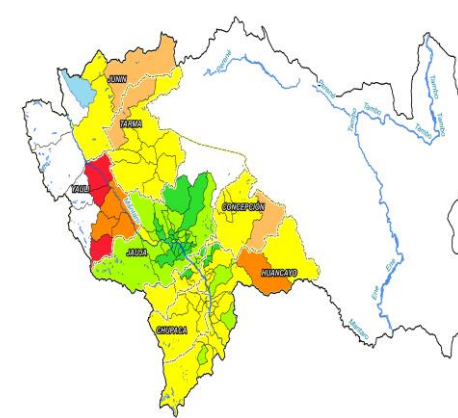
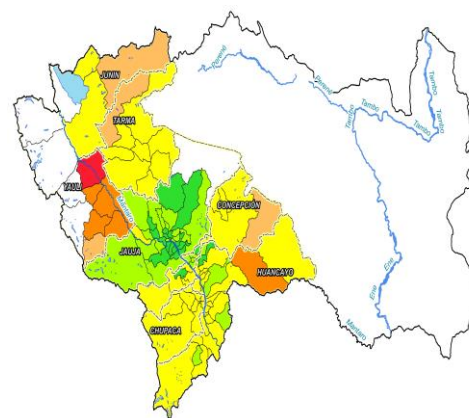
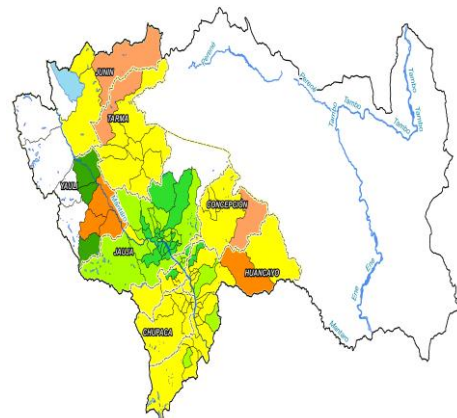
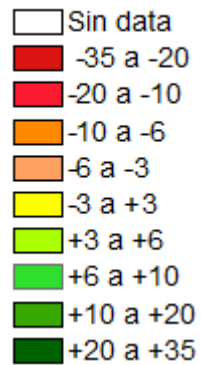


Figura 58: Comportamiento de los residuos de rendimiento del cultivo de papa en la Fase Positiva, Neutra y Negativa (significancia en P-valor < 0.1) para los índices de teleconexión ONI e ICEN.

V. CONCLUSIONES

1. Los patrones de circulación atmosférica que predominan sobre la zona de interés, propician un comportamiento estacional marcado, con meses lluviosos durante el verano y meses donde disminuye y son escasas las lluvias durante los meses de invierno. En el verano, las lluvias se desarrollan por patrones sinópticos característicos en niveles altos, donde la Alta de Bolivia se acopla con la Vaguada del Noreste de Brasil e inducen la convección profunda, alimentándose del ingreso de flujos del noroeste cargados de humedad amazónica en superficie. Asimismo, se presenta mayor expansión atmosférica producto de una mayor acumulación energética del aire explicando el comportamiento temporal y espacial de la región. Por otro lado, en invierno, los principales patrones atmosféricos (ZCIT, AAS, APS) tienden a migrar hacia una dirección más al norte de su posición de verano, predominando en la sierra de Junín vientos zonales del oeste en niveles altos (200hpa), propiciando la disminución de la lluvia y la intensificación de los periodos secos.
2. La caracterización climática de la zona alto andina de Junín comprende una temporada lluviosa y otra seca. En gran parte de la región, inicia en el mes de octubre con el incremento progresivo de las lluvias, alcanzando picos máximos en febrero, con acumulados promedio entre en los 81,6 a 173,0 mm/mes en las zonas bajas y medias (Quechua y Suni) y cantidades hasta 175,9 mm/mes en la Puna, y finaliza en el mes de marzo; posteriormente predomina la disminución de las lluvias totalizando valores mínimos en el mes de julio con cantidades entre 3,2 a 28,2 mm/mes. Respecto a la variabilidad interanual, se encontró 4 zonas homogéneas tanto para el trimestre setiembre a noviembre y enero a marzo. Para el primer trimestre, el vector C y D (inferiores a 4000 m y con mayor área dedicada al cultivo de papa) presenta menor variabilidad en los últimos 11 años, mientras que en el segundo trimestre, en el valle

del Mantaro se disgregaron dos regiones homogéneas diferenciando la variabilidad de las lluvias de la zona norte y sur.

3. En cuanto a la determinación de los efectos de los índices ONI e ICEN sobre la lluvia, se presentó mayor evidencia de un efecto significativo con el índice ONI que con el ICEN. *Para el diagnóstico (Lag 0)*, predominó la señal climática del índice ONI (p-valor inferior a 0.1) sobre las lluvias durante los meses de octubre, noviembre, enero y febrero en gran parte de la zona agrícola de la región altoandina de Junín; encontrándose que bajo condiciones de la fase positiva se presentan lluvias bajo lo normal en octubre y bajo condiciones de la fase negativa se presentan lluvias sobre lo normal en enero y febrero; mientras que con el ICEN (p-valor entre 0.01 y 0.1), se refleja sólo en octubre (zona norte y centro del valle) y en enero (cuenca media). *Respecto al pronóstico de las lluvias*, los tiempos de desfase que reflejaron el potencial predictivo del ONI, muestra que se puede dar hasta con índices de dos meses de anterioridad (Lag2) para algunas localidades principalmente para octubre, enero y febrero. Para el Lag 1, durante la fase positiva, octubre tendería a superar sus valores normales, y el resto de meses presentaría lluvias dentro de lo normal. Para el Lag 2, se espera lluvias por debajo de su normal en octubre y febrero durante la fase positiva y lluvias sobre su normal en enero en la fase negativa. Respecto a índices predictores con ICEN, se encontró señal climática principalmente para un mes de anterioridad (Lag 1).
4. Respecto a la determinación de los efectos de los índices ONI e ICEN sobre los rendimientos del cultivo de papa, la mayoría de los distritos productores de papa no presentaron diferencia estadísticamente significativa ante las fases positiva, neutral o negativa, a excepción de 4 distritos pertenecientes a la provincia de Yauli y 1 distrito a la provincia de Junín. Con el ONI, presenta rendimiento negativo en el distrito Junín y rendimientos positivos en los otros cuatro distritos (Chacapalca, Huay Huay, Santa Rosa de Sacco y Suitucancha) en la fase positiva y comportamiento opuesto en la fase negativa. Con el ICEN, se encontró similar comportamiento en 3 distritos (Paccha, Santa Rosa de Sacco y Suitucancha) ubicados en la provincia de Yauli.

VI. RECOMENDACIONES

1. Obtenida la regionalización climática a nivel de la estación meteorológica, se recomienda espacializar los vectores regionales pluviométricos encontrados con metodologías alternativas usando Cluster, datos grillados como PISCO u otros, ya que resulta de mayor utilidad la información espacial pues brinda información climática en zonas donde existe limitación de observaciones; donde se concentra varias áreas productivas.
2. Se recomienda analizar el comportamiento de las lluvias con otros índices de teleconexión, especialmente en las estaciones meteorológicas y distritos donde no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las fases ENSO, a través de los índices el ONI ni ICEN, con el fin de conocer otros efectos que pueden generar otras regiones del Pacífico y Atlántico, en el clima de la zona altoandina.
3. Se recomienda actualizar la cantidad de información climática utilizada en la presente tesis, en los próximos años, con la finalidad de disminuir la incertidumbre e incrementar la robustez de las pruebas estadísticas. Asimismo, con una mayor incorporación de información pluviométrica, se incrementa la señal de la ocurrencia de más eventos El Niño o La Niña, con lo que podría categorizarse la información tomando en cuenta la intensidad de estos eventos, obteniendo por ejemplo, resultados ante El Niño débil, otro para El Niño moderado y así sucesivamente.
4. Se recomienda que las entidades públicas correspondientes al sector agrícola, mejoren la calidad de información agraria, ya que de las series estadísticas agrarias depende la robustez de las pruebas estadísticas a las que son sometidas. Asimismo, acumular registros de la información agraria a nivel distrital o local, de por lo menos treinta años para incrementar la confiabilidad de los resultados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Meteorological Society, AMS. 2012. American Meteorological Society Glossary (en línea). Consultado 8 mar. 2016. Disponible en: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Teleconnection>
- Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina, PREDECAN. 2008. Análisis de base de datos de pérdidas por desastres en Perú. Corporación OSSO.
- Ashok, K et al. 2007. El Niño Modoki and its posible teleconnection. Journal of Geophysical Research, 112:1-27.
- Autoridad Nacional del Agua, ANA. 2011. Informe Nacional del Perú, Lima, Perú.
- Avalos, G. 2005. Validación del pronóstico de lluvia del modelo regional Eta/SENAMHI durante periodos secos y lluviosos. Tesis para optar Título de Ingeniero meteorólogo. Lima, Universidad Agraria La Molina.
- Baigorria, G. 2013. Taller: Desarrollo e Implementación de Métodos para el Pronóstico Climático para la Agricultura. Organizado por el SENAMHI-PERÚ. Noviembre, Lima-Perú.
- Banco Central de Reserva del Perú, BCR. 2013. Informe económico y social de la región Junín. Consultado 15 ene. 2016. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2013/junin/ies-junin-2013.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú, BCR. 2015. Caracterización del departamento de Junín. Consultado 20 ene.2016. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/Junin-Characterizacion.pdf>

- Barsugli, J y Sardeshmukh, P. 2002. Global Atmospheric Sensitive to Tropical SST Anomalies throughout the Indo-Pacific Basin. *Journal of Climate*, 15: 3427-3442.
- Bjerkness, J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather*, 7(3): 163-172.
- Brunet-Moret, Y. 1979. Homogénéisation des précipitations. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie*, 26 (3): 147 – 170.
- Casas, M y Alarcón, M. 1999. *Meteorología y clima*. Universidad Politécnica de Catalunya. 1era Ed. Edicions UPC. Barcelona. 155 p.
- Cane, M. 1983. Oceanographic Events during El Niño. *Science*, 222 (4629):1189-1195.
- Capotondi, A et al. 2015. Understanding ENSO diversity. *Bulletin of American Meteorological Society*, doi:10.1175/BAMS-D-13-00117.1
- Christiansen, J. 1967. *El Cultivo de la papa en el Perú*. Primera edición. Lima, Perú. 342 pp
- Christopher, J et al. 2004. Trends and Variability in U:S. Corn Yields Over the Twentieth Century. *Earth Interactions*. University of Wisconsin – Madison.
- Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training, COMET. 2002. *Glossary of the Climate Variability Workshop* (en línea). Consultado 8 mar. 2016. Disponible en: <http://www.meted.ucar.edu/climate/composite/glossary.htm>
- Dijkstra, H. 2006. The ENSO phenomenon: theory and mechanism. *Journal of Advances in Geosciences*, 6: 3-15.
- Eguiguren, D. 1894. Las lluvias de Piura. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 4: 241-258.
- Egúsquiza, B. 2014. *La papa en el Perú*. Universidad Agraria La Molina, Lima - Perú.

- Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, ENFEN. 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica. 3pp. Consultado el 5 may. Disponible en: https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Espinoza, J. 2005. El Método del Vector Regional de Índices Pluviométricos. Manual escrito con motivo del curso taller: Utilización del método del Vector Regional con Hydraccess, Senamhi – Perú.
- Espinoza, J. 2009. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29: 1574-1594.
- Espinoza, J et al. 2011. Climate variability and extremes drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought. *Geophys. Res. Lett.*, DOI:10.1029/ 2011GL047862.
- Frederick, S et al. 2011. Enso classification indices and summer crop yields in the Southeastern USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 817-826.
- Fraisse, C. et al. 2006. AgClimate: A climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA. *Computers&Electronics in Agriculture* 53 (1):13-27.
- Fraisse, C. et al. 2007. Using seasonal climate variability forecast: crop yield risk. Circular 1498/AE404. University of Florida – IFAS. Disponible en: <http://www.aces.edu/climate/documents/UsingSeasonalClimateVariabilityForecasts-CropYieldRisk.pdf>
- Fraisse, C. et al. 2008. El Niño-Southern Oscillation influences on soybean yields in Eastern Paraguay. *International Journal of Climatology*, 28:1399-1407.

- Garreaud, R y Wallace, J. 1998. Summertime Incursion of Midlatitude Air into Subtropical and Tropical South America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 126: 2713-2733.
- Garreaud, R. 1999. A multi-scale analysis of the summertime precipitation over the central Andes. *Monthly Weather Review*, 127: 901-921.
- Garreaud, R y Aceituno, P. 2001. Atmospheric circulation over South America: Mean features and variability. Chapter 2 in *The Physical Geography of South America*. Eds. Oxford University Press. 33p.
- Garreaud, R et al. 2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanism of past changes. *Elservier Science Palaeo*, (3054): 1-18.
- Geraldine, T. 2016. New Research: El Niño Teleconecction in the Sahel and East Africa. International Research Institute for Climate and Society. Consultado 5 mar. 2016. Disponible en: <http://iri.columbia.edu/news/new-research-el-nino-teleconnections-in-sahel-east-africa/>
- Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, GRNGMA.2015. Memoria descriptiva Zonificación Ecológica Económica del departamento de Junín a nivel meso y escala 1:100000. Proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la Zonificación Ecológica y Económica de la región Junín.
- Giddings, L. y Soto, M. 2006. Teleconexiones y lluvia en América del Sur. *Revista de Climatología*, 6: 13-20.
- Gilford, M. et al. 1992. South America, South of the Amazon River a Climatological study. USAF Enviroment Technical Application Center, Scoot AFB IL 62225-5438.
- Giraldez, L. et al. 2012. Antecedentes generales del sector agricultura y los impactos de eventos meteorológicos extremos. Proyecto MAREMEX-IGP. Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro.

- Consultado 10 feb.2016. Disponible en:
<http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2012/articulos/Sector%20Agricultura.pdf>
- Golberg, R et al. 1987. Characteristics of extreme rainfall events in northwestern Peru during the 1982-83 El Niño period. *Journal of Geophysic*, 92 (14):225-241.
 - Gobierno Regional de Junín, GRJ. 2015. Plan de desarrollo regional concertado Junín 2008-2015. Consultado 10 mar. 2016. Disponible en:
http://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/archivos/2015/documentos/11/12_pdcr_junin_2008_2015.pdf
 - Hammer, J. et al. 2001. Advances in application of climate prediction in agricultura. *Agricultural Systems*, 70: 515-553.
 - Hansen, J. et al. 1998. ENSO influences on agriculture in the Southeastern U.S. *Journal of Climate*, 11: 404-411.
 - Horel, J. y Cornejo, A. 1986. Convection along the Coast of Northern Peru during 1983: Spatial and Temporal Variation of Clouds and Rainfall. *American Meteorological Society*, 2091-2104.
 - Indacochea, A. et al. 2005. Junín competitivo: el Valle del Mantaro. Consultado 13 feb.2016. Disponible en: http://cendoc.esan.edu.pe/fulltext/e-documents/Centrum/Junin_Competitivo.pdf
 - INEI, 2012. IV Censo Nacional Agropecuario (en línea). Consultado 15 mar. 2016. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
 - International Research Institute for Climate and Society, IRI. Monitoring ENSO (en línea). Consultado 8 mar. 2016. Disponible en:
<http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/Diagnostics.html#tabs-2>
 - IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. *Cambio Climático: Bases físicas*.

Consultado 6 mar. 2016. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

- Jiménez, J et al. 2016. Record – breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. Scientific Reports, doi: 10.1038/srep33130. Disponible en: <http://www.nature.com/articles/srep33130>
- Kachingan, S. 1991. Multivariate statistical: a conceptual introduction. 2d. Ed. Radius. New York, USA. 160-203pp.
- Kucharski, F. et al. 2010. Teleconnections in the Atmosphere and Oceans. American Meteorological Society, doi:10.1175/2009BAMS: 381-383.
- Lagos, P. y Buizar, J. 1992. El Niño and Peru: A Nation's Response to Interannual Climate Variability. Natural and Technological Disasters: Causes, Effects and Preventive Measures. The Pennsylvania Academy of Science.
- Lagos, P et al. 2008. El Niño – related precipitation variability in Peru. Advance in Geosciences, 14: 231-237.
- Lara, A et al. 2009. Recursos didácticos on-line para el aprendizaje de Estadística. XXXI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa; V Jornada de Estadística Pública. Consultado 17 may. 2016. Disponible en: <http://wdb.ugr.es/~bioestad/wp-content/uploads/ComparacionesMultiples.pdf>
- Latinez, K. 2010. Pronóstico estacional a tres meses de lluvias y temperaturas en el valle del río Mantaro utilizando la técnica no paramétrica: regresión multivariada adaptativa splines (MARS). Capítulo 3: Pronóstico del clima y su aplicación. 68-76 pp.
- Lavado, W et al. 2012. Basin – scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969-2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages. Hydrological Sciences Journal, 57(4):1-18, doi:10.1080/02626667.2012.672985.

- Lavado, W y Espinoza, J. 2014. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorología*, 29(2): 171-182.
- Lenters, J y Cook, K. 1997. On the Origin of the Bolivian High and Related Circulation Features of the South American Climate. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 54:656-677.
- Llanos, L y Álvarez, P. 2014. RClimTool, Manual del Usuario. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Clima y Sector Agropecuario Colombiano.
- López, C., Egúsqüiza, R. y Villagómez, V. (1980). Cultivo de la papa. CENCIRA. Lima, Perú.
- Marengo, et. al, 2000: Identificación de casos de Jets en niveles bajos, del norte (SALLJ) y del sur (SJ) al este de los Andes durante el verano y otoño 1999, (CPTEC/INPE).
- Marengo, J. 2009. Long-term trend and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.7396
- Maturana, J et al. 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. History and description of “El Niño, Southern Oscillation” phenomenon. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile*. CONA, Chile, Valparaíso, pp: 13-27
- Mitchell, T y Wallace, J. 1992. The annual cycle in the equatorial convection and sea surface temperature. *Journal of Climate*, 5: 1140-1156.
- Mo, K. 2000. Relationships between low-frequency variability in the Southern Hemisphere and sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate*, 13(20), 3599-3620.
- Mora, D. y Willems, P. 2012. Decadal oscillations in rainfall and air temperatura in the Paute River Basin-Southern Andes of Ecuador. *Theor Appl Climatol*, 108: 267-282.

- Mosquera, K. 2014. Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico. Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”. Instituto Geofísico del Perú, 1(1):4-7.
- Nickl, E. 2007. Teleconnections and Climate in the Peruvian Andes. MSc. Thesis, Department of Geography, University of Delaware.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. El Niño Regions (en línea). Consultado 8 mar. 2016. Disponible en: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml
- National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. 2003. La NOAA gets U.S consensus for El Niño y La Niña index, definitions (en línea). Disponible en: <http://www.publicaffairs.noaa.gov/releases2003/sep03/noaa03119.html>
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2011. Guía de prácticas climatológicas. Capítulo 4: Caracterización del clima a partir de conjuntos de datos, Ginebra-Suiza. Disponible en:
- http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf
- Orlove, B. et al. 2004. Factor that influence the use of climate forecasts, Evidence from the 1997/98 El Niño event in Peru. American Meteorological Society, doi:10.1175/BAMS: 1735-1743.
- Ramage, C. 1975. Preliminary discussion of the meteorology of the 1972-73 El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 56:234-242.
- Royce, F. et al. 2011. ENSO classification indices and summer crop yield in the Southeastern USA. Agricultural and Forest Meteorology, 151: 817-826.

- Rasmusson, E y Carpenter, T. 1982. Variation in Tropical sea surface temperatura and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review, 10:354-384.
- Rasmusson, E y Wallace, J. 1983. Meteorological Aspects of the El Niño/Southern Oscillation. American Association for the Advancement of Science, 222(4629):1195-1202. Disponible en: http://marineecology.wcp.muohio.edu/climate_projects_04/el_nino/ecology222.pdf
- Schrooder, R. 1966. Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la lluvia en el Perú. En Boletín del Centro de estudios meteorológicos del Perú. 9 (1).
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 1988. Mapa de Clasificación Climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. Senamhi Perú, 14 pp.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2007. Escenarios de cambio climático en la Cuenca del río Mantaro para el año 2100. Proyecto Regional Andino de Adaptación-PRAA, Lima-Perú.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2009. Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030. Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático a la CMNUCC, Lima-Perú.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2011. Proyecto “Condiciones atmosféricas asociadas a riesgos climáticos (heladas y veranillos) en periodos agrícolas y sus impactos en cultivos prioritarios del valle del Mantaro”. The International Institute for Sustainable Development – IISD, 35 pp.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2013. Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de papa y maíz amiláceo en las subcuenca del río Shullcas, Junín. Proyecto: “Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales-PRAA”, implementado en Bolivia,

Colombia, Ecuador y Perú con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), a través del Banco Mundial, SENAMHI-MINAM, Lima-Perú.

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2014. El fenómeno El Niño en el Perú. Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres – PLANAGERD 2014 – 2021 (Objetivo Nacional y Objetivo Estratégico 1), Lima-Perú.
- Silva, Y et al. 2008. Dry and wet seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences*, 14:261-264.
- Takahashi, K et al. 2011. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38, doi: 10.1029/2011GL047364.
- Takahashi, K. 2014. Variedades de El Niño. Boletín Mensual “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”. Instituto Geofísico del Perú, 1(2):4-7.
- Takahashi, K y Dewitte, B. 2015. Física de El Niño extraordinario. Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño. Instituto Geofísico del Perú, 2:4-8.
- Takahashi, K y Reupo, J. 2015. Boletín Mensual “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”. Instituto Geofísico del Perú, 2(6):9-10.
- Trenberth, K. 1997. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (12): 2771-2777.
- Trenberth, K. et al. 1998. Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research*, 103(7):14291-14324. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/97JC01444/epdf>

- Unsihuay Tovar, F. 1994. Características agroclimáticas que condicionan las siembras y cosechas en el departamento de Junín. Tesis para optar Título de Ingeniero meteorólogo. Lima, Universidad Agraria La Molina.
- Uppala, S. et al. 2005. ERA-40 re-analysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 131 (612):2961-3012.
- Van Dam, J., Kooman, P.L. & Struik, P.C. (1996). Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in Potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato Research, (39): 51-62.
- Vauchel, P. (2005). Hydraccess: Software for Management and processing of Hydro - meteorological data software. Version 2.1.4. Free download: www.mpl.ird.fr/hybam/utills/hydraccess.htm.
- Vuille, M. 1999. Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phase of the Southern Oscillation. International Journal of Climatology, (19): 1579-1600.
- Vuille, M. et al. 2000. Interannual climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atlantic forcing. Journal of Geophysical Research, 105 (10): 12447-12460.
- Walker, G. 1923. World weather. Mem Indian Meteorological, 24: 75-131.
- Wilks, D. 2006. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2d ed. International Geophysics Series, Vol. 91, Academic Press, 627 pp.
- Wyrki, K. 1964. The thermal structure of the eastern Pacific Ocean.
- Wyrki, K. 1965. Surface current of the eastern equatorial Pacific Ocean. Bulletin of Inter-American Tropical Tuna Commission, 9(5):270-304.
- Wyrki, K. 1975. Fluctuations of the Dynamic Topography in the Pacific Ocean. Journal of Physical Oceanography, 5:450-459.

- Wyrki, K. 1975a. El Niño-The dynamic response of the Equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *Journal of Physical Oceanography*, 5:572-584.
- Xuebin, Z. 2004. Rclimdex, User Manual. Climate Research Branch. Canada Meteorological Service.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Episodios cálidos (color rojo) y fríos (color azul), de acuerdo al CPC (NOAA) utilizando el índice ONI

| Año | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1965 | -0.5 | -0.3 | -0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.7 | 1 | 1.3 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.5 |
| 1966 | 1.3 | 1 | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0 | -0.1 | -0.1 | -0.3 |
| 1967 | -0.4 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.2 | 0 | 0 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.5 |
| 1968 | -0.7 | -0.8 | -0.7 | -0.5 | -0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 1969 | 0.9 | 1 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |
| 1969 | 0.9 | 1 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |
| 1970 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -1.2 |
| 1971 | -1.3 | -1.3 | -1.1 | -0.9 | -0.8 | -0.7 | -0.8 | -0.7 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -0.8 |
| 1972 | -0.7 | -0.4 | 0 | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2 | 1.9 |
| 1973 | 1.7 | 1.2 | 0.6 | 0 | -0.4 | -0.8 | -1 | -1.2 | -1.4 | -1.7 | -1.9 | -1.9 |
| 1974 | -1.7 | -1.5 | -1.2 | -1 | -0.9 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.4 | -0.6 | -0.7 | -0.6 |
| 1975 | -0.5 | -0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.7 | -0.8 | -1 | -1.1 | -1.3 | -1.4 | -1.5 | -1.6 |
| 1976 | -1.5 | -1.1 | -0.7 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.8 |
| 1977 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.8 |
| 1978 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | 0 |
| 1979 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| 1980 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 1981 | -0.2 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | -0.1 | 0 |
| 1982 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1 | 1.5 | 1.9 | 2.1 | 2.1 |
| 1983 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 1 | 0.7 | 0.3 | 0 | -0.3 | -0.6 | -0.8 | -0.8 |
| 1984 | -0.5 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.6 | -0.9 | -1.1 |
| 1985 | -0.9 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.3 |
| 1986 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1 | 1.1 |
| 1987 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 |
| 1988 | 0.8 | 0.5 | 0.1 | -0.3 | -0.8 | -1.2 | -1.2 | -1.1 | -1.2 | -1.4 | -1.7 | -1.8 |
| 1989 | -1.6 | -1.4 | -1.1 | -0.9 | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.1 |
| 1990 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |

Continuación del Anexo 1

| Año | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1991 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.4 |
| 1992 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1 | 0.8 | 0.5 | 0.2 | 0 | -0.1 | -0.1 | 0 |
| 1993 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 1994 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1 |
| 1995 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0 | -0.2 | -0.5 | -0.7 | -0.9 | -1 | -0.9 |
| 1996 | -0.9 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.5 |
| 1997 | -0.5 | -0.4 | -0.2 | 0.1 | 0.6 | 1 | 1.4 | 1.7 | 2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 |
| 1998 | 2.1 | 1.8 | 1.4 | 1 | 0.5 | -0.1 | -0.7 | -1 | -1.2 | -1.2 | -1.3 | -1.4 |
| 1999 | -1.4 | -1.2 | -1 | -0.9 | -0.9 | -1 | -1 | -1 | -1.1 | -1.2 | -1.4 | -1.6 |
| 2000 | -1.6 | -1.4 | -1.1 | -0.9 | -0.7 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.8 | -0.8 |
| 2001 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.3 |
| 2002 | -0.2 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| 2003 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 0 | -0.2 | -0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 2004 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 2005 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0 | -0.1 | 0 | -0.2 | -0.5 | -0.7 |
| 2006 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.2 | 0 | 0 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 2007 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.9 | -1.1 | -1.3 | -1.3 |
| 2008 | -1.4 | -1.3 | -1.1 | -0.9 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.7 |
| 2009 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 1.3 |
| 2010 | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 0.5 | 0 | -0.4 | -0.9 | -1.2 | -1.4 | -1.5 | -1.4 | -1.4 |
| 2011 | -1.3 | -1 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.6 | -0.8 | -0.9 | -1 | -0.9 |
| 2012 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | -0.2 |
| 2013 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 2014 | -0.5 | -0.5 | -0.4 | -0.2 | -0.1 | 0 | -0.1 | 0 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |

FUENTE: NOAA – CPC

ANEXO 2: Lista de eventos El Niño Costero en el Perú, de acuerdo al índice ICEN – ENFEN.

| Año inicial | Mes inicial | Año final | Mes final | Duración (meses) | Magnitud |
|-------------|-------------|-----------|-----------|------------------|------------------|
| 1965 | 3 | 1965 | 10 | 8 | Moderado |
| 1969 | 4 | 1969 | 7 | 4 | Moderado |
| 1972 | 3 | 1973 | 2 | 12 | Fuerte |
| 1976 | 5 | 1976 | 10 | 6 | Débil |
| 1982 | 7 | 1983 | 11 | 17 | Extraordinario |
| 1986 | 12 | 1987 | 12 | 13 | Moderado |
| 1991 | 10 | 1992 | 6 | 9 | Moderado |
| 1993 | 3 | 1993 | 9 | 7 | Débil |
| 1994 | 11 | 1995 | 1 | 3 | Débil |
| 1997 | 3 | 1998 | 9 | 19 | Extraordinario |
| 2002 | 3 | 2002 | 5 | 3 | Débil |
| 2002 | 9 | 2003 | 1 | 5 | Débil |
| 2003 | 11 | 2004 | 1 | 3 | Débil |
| 2004 | 10 | 2004 | 12 | 3 | Débil |
| 2006 | 8 | 2007 | 2 | 7 | Moderado |
| 2008 | 7 | 2008 | 9 | 3 | Débil |
| 2009 | 5 | 2009 | 10 | 6 | Débil |
| 2012 | 3 | 2012 | 7 | 5 | Débil |
| 2014 | 5 | 2014 | 10 | 6 | Débil a moderado |

FUENTE: ENFEN, 2012.

ANEXO 3: Lista de eventos La Niña Costero en el Perú, de acuerdo al índice ICEN – ENFEN

| Año inicial | Mes inicial | Año final | Mes final | Duración (meses) | Magnitud |
|-------------|-------------|-----------|-----------|------------------|-------------------|
| 1966 | 4 | 1966 | 7 | 4 | Moderado |
| 1967 | 7 | 1968 | 6 | 12 | Fuerte |
| 1970 | 4 | 1971 | 11 | 20 | Fuerte |
| 1973 | 5 | 1974 | 2 | 10 | Moderado |
| 1974 | 10 | 1975 | 1 | 4 | Moderado |
| 1975 | 7 | 1976 | 1 | 7 | Fuerte |
| 1978 | 4 | 1978 | 9 | 6 | Débil |
| 1985 | 2 | 1985 | 9 | 8 | Moderado |
| 1988 | 5 | 1988 | 10 | 6 | Fuerte |
| 1996 | 4 | 1996 | 7 | 4 | Débil |
| 2001 | 9 | 2001 | 12 | 4 | Débil |
| 2007 | 5 | 2007 | 12 | 8 | Fuerte |
| 2010 | 8 | 2010 | 11 | 4 | Moderado |
| 2013 | 4 | 2013 | 8 | 5 | Moderado a fuerte |

FUENTE: ENFEN, 2012.

ANEXO 4: Prueba de comparación múltiple de Duncan

La prueba estadística utiliza la distribución del recorrido estudentizado, su aplicación es secuencial, es decir no utiliza un único valor crítico para todas las diferencias de medias, sino un valor crítico que depende del número de medias comprendido entre las dos medias que se comparan, habiendo ordenado previamente de manera creciente (Lara et al. (2009).

Se acepta que no hay diferencia significativa entre la media mayor (\bar{y}_i) y la media menor (\bar{y}_j) de “p” medias, si se verifica la Ecuación (1):

Ecuación (1)

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| \leq R_p$$

Serán consideradas iguales también todas las medias comprendidas entre ellas, el valor R_p se muestra en la Ecuación 2:

Ecuación (2)

$$R_p = q_{\alpha_p; p, N-I} \sqrt{\frac{\hat{S}_R^2}{n}} \quad p = 2, 3, \dots, I$$

Dónde:

$q_{\alpha_p; p, N-I}$: Punto crítico del rango estudentizado basado en la comparación de la medida mayor y la menor de p medias.

\hat{S}_R^2 : es la varianza residual con $N - I$ grados de libertad.

α_p : es el nivel de significación conjunto relativo a p medias consecutivas; es decir, es la probabilidad de rechazar erróneamente al menos una de las p-1 comparaciones

independientes asociadas a las medias consideradas. Dicho nivel de significación está relacionado con el nivel de significación α , de una comparación individual, a través de la ecuación (3):

Ecuación (3)

$$\alpha_p = 1 - (1 - \alpha)^{p-1}$$

ANEXO 5: Normales climáticas mensuales de lluvia

| ESTACIONES METEOROLÓGICAS | ALTITUD (m) | MESES | | | | | | | | | | | | LLUVIA ANUAL (mm) |
|------------------------------|----------------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|----------------------|
| | | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | |
| Santa Ana | 3302 | 12.7 | 34.3 | 61.8 | 74.3 | 114.2 | 116.3 | 123.0 | 101.7 | 48.5 | 12.2 | 5.8 | 5.9 | 710.8 |
| Jauja | 3360 | 6.9 | 25.8 | 58.9 | 72.2 | 99.4 | 108.1 | 111.4 | 107.3 | 46.0 | 12.8 | 6.3 | 4.1 | 659.2 |
| Viques | 3186 | 9.8 | 33.6 | 64.2 | 69.1 | 95.3 | 118.9 | 139.4 | 103.1 | 33.5 | 12.3 | 9.8 | 9.2 | 698.2 |
| Huayao | 3360 | 14.3 | 40.7 | 64.1 | 65.9 | 96.7 | 120.0 | 127.5 | 104.9 | 54.4 | 16.7 | 8.9 | 7.1 | 721.2 |
| Laive | 3831 | 24.3 | 58.5 | 73.4 | 68.6 | 130.1 | 173.0 | 169.3 | 136.2 | 66.7 | 20.4 | 10.7 | 11.2 | 942.4 |
| Ingenio | 3422 | 7.7 | 25.7 | 58.0 | 82.0 | 111.8 | 141.2 | 114.5 | 97.4 | 50.2 | 16.7 | 7.4 | 3.2 | 715.9 |
| La Oroya | 4007 | 19.4 | 32.6 | 57.0 | 60.3 | 92.2 | 95.9 | 101.5 | 89.7 | 49.5 | 24.2 | 14.7 | 15.3 | 652.5 |
| Carhuacayán | 4150 | 14.2 | 44.1 | 84.2 | 86.8 | 121.3 | 138.9 | 149.8 | 148.7 | 81.7 | 34.1 | 10.2 | 10.3 | 924.3 |
| Yantac | 4684 | 21.4 | 42.0 | 63.5 | 70.1 | 98.8 | 111.1 | 124.0 | 124.5 | 62.4 | 23.2 | 13.7 | 12.1 | 766.7 |
| Marcapomacocha | 4479 | 24.9 | 60.3 | 95.1 | 99.3 | 139.0 | 168.4 | 175.9 | 185.0 | 81.3 | 32.5 | 17.2 | 13.4 | 1092.5 |
| Yauli | 4100 | 25.1 | 51.7 | 92.0 | 88.3 | 154.9 | 153.2 | 172.8 | 162.7 | 84.2 | 26.9 | 15.2 | 28.2 | 1055.2 |
| Tarma | 3200 | 7.6 | 13.4 | 31.9 | 32.3 | 50.4 | 51.2 | 59.7 | 56.7 | 24.7 | 9.7 | 6.5 | 5.5 | 349.5 |
| San Juan de Jarpa | 3650 | 14.4 | 48.9 | 67.1 | 70.2 | 120.2 | 136.5 | 147.5 | 136.4 | 58.8 | 21.6 | 5.8 | 10.4 | 837.7 |
| Comas | 3640 | 29.1 | 51.4 | 96.9 | 85.0 | 129.1 | 136.3 | 144.2 | 143.1 | 64.4 | 27.3 | 14.6 | 23.8 | 945.2 |
| Ricrán | 3687 | 13.1 | 29.8 | 74.1 | 74.1 | 108.9 | 99.6 | 112.7 | 111.2 | 62.2 | 24.6 | 11.0 | 9.9 | 731.4 |
| Huasahuasi | 3359 | 14.9 | 28.0 | 58.6 | 48.4 | 81.6 | 87.6 | 97.4 | 94.5 | 45.4 | 19.9 | 9.0 | 11.8 | 597.1 |
| Runatullo | 3475 | 35.6 | 63.3 | 112.7 | 94.6 | 160.7 | 157.8 | 170.8 | 165.8 | 77.2 | 43.4 | 20.9 | 41.6 | 1144.4 |

ANEXO 6: P-valor obtenidos para los distritos productores de papa, en análisis utilizando el índice ONI

| Provincia | Distrito | P-valor |
|------------|---------------------|---------|
| Chupaca | Ahuac | 0.34 |
| Chupaca | Chongos Bajo | 0.40 |
| Chupaca | Chupaca | 0.50 |
| Chupaca | Huachac | 0.41 |
| Chupaca | Huamancaca Chico | 0.23 |
| Chupaca | San Juan De Yscos | 0.39 |
| Chupaca | San Juan De Jarpa | 0.29 |
| Chupaca | Tres De Diciembre | 0.39 |
| Chupaca | Yanacancha | 0.22 |
| Concepción | Aco | 0.49 |
| Concepción | Andamarca | 0.82 |
| Concepción | Chambara | 0.53 |
| Concepción | Cochas | 0.59 |
| Concepción | Comas | 0.64 |
| Concepción | Concepción | 0.62 |
| Concepción | Heroínas Toledo | 0.65 |
| Concepción | Manzanares | 0.44 |
| Concepción | Mariscal Castilla | 0.62 |
| Concepción | Matahuasi | 0.45 |
| Concepción | Mito | 0.77 |
| Concepción | Nueve De Julio | 0.57 |
| Concepción | Orcotuna | 0.60 |
| Concepción | San José De Quero | 0.47 |
| Concepción | Santa Rosa De Ocopa | 0.65 |
| Huancayo | Carhuacallanga | 0.20 |
| Huancayo | Chacapampa | 0.33 |
| Huancayo | Chicche | 0.25 |
| Huancayo | Chilca | 0.37 |
| Huancayo | Chongos Alto | 0.32 |
| Huancayo | Chupuro | 0.53 |
| Huancayo | Colca | 0.42 |
| Huancayo | Cullhuas | 0.54 |
| Huancayo | El Tambo | 0.43 |
| Huancayo | Huacrapuquio | 0.50 |
| Huancayo | Hualhuas | 0.44 |

Continuación

| Provincia | Distrito | P-valor |
|-----------|---------------------------|---------|
| Huancayo | Huancan | 0.42 |
| Huancayo | Huancayo | 0.42 |
| Huancayo | Huasicancha | 0.39 |
| Huancayo | Huayucachi | 0.61 |
| Huancayo | Ingenio | 0.72 |
| Huancayo | Pariahuanca | 0.20 |
| Huancayo | Pilcomayo | 0.42 |
| Huancayo | Pucara | 0.49 |
| Huancayo | Quichuay | 0.88 |
| Huancayo | Quilcas | 0.44 |
| Huancayo | San Agustin | 0.49 |
| Huancayo | San Jeronimo De Tunan | 0.44 |
| Huancayo | Santo Domingo De Acobamba | 0.51 |
| Huancayo | Sapallanga | 0.43 |
| Huancayo | Saño | 0.53 |
| Huancayo | Sicaya | 0.56 |
| Huancayo | Viques | 0.54 |
| Jauja | Acolla | 0.66 |
| Jauja | Apata | 0.54 |
| Jauja | Ataura | 0.34 |
| Jauja | Canchayllo | 0.39 |
| Jauja | Curicaca | 0.24 |
| Jauja | El Mantaro | 0.41 |
| Jauja | Huamali | 0.40 |
| Jauja | Huaripampa | 0.40 |
| Jauja | Huertas | 0.28 |
| Jauja | Janjaillo | 0.27 |
| Jauja | Jauja | 0.41 |
| Jauja | Julcán | 0.34 |
| Jauja | Leonor Ordoñez | 0.41 |
| Jauja | Llocllapampa | 0.46 |
| Jauja | Marco | 0.41 |
| Jauja | Masma | 0.37 |
| Jauja | Masma Chicche | 0.42 |
| Jauja | Molinos | 0.45 |
| Jauja | Muqui | 0.40 |

Continuación

| Provincia | Distrito | P-valor |
|-----------|---------------------|---------|
| Jauja | Muquiyauyo | 0.34 |
| Jauja | Paca | 0.32 |
| Jauja | Paccha | 0.51 |
| Jauja | Pancán | 0.30 |
| Jauja | Parco | 0.42 |
| Jauja | Pomacancha | 0.44 |
| Jauja | Ricrán | 0.35 |
| Jauja | San Lorenzo | 0.42 |
| Jauja | San Pedro De Chunán | 0.41 |
| Jauja | Sausa | 0.36 |
| Jauja | Sincos | 0.42 |
| Jauja | Tunán Marca | 0.34 |
| Jauja | Yauli | 0.48 |
| Jauja | Yauyos | 0.39 |
| Junín | Carhuamayo | 0.15 |
| Junín | Ulcumayo | 0.53 |
| Junín | Ondores | No data |
| Tarma | Acobamba | 0.40 |
| Tarma | Huaricolca | 0.52 |
| Tarma | Huasahuasi | 0.45 |
| Tarma | La Unión | 0.45 |
| Tarma | Palca | 0.27 |
| Tarma | Palcamayo | 0.41 |
| Tarma | San Pedro De Cajas | 0.19 |
| Tarma | Tapo | 0.31 |
| Tarma | Tarma | 0.45 |
| Yauli | La Oroya | 0.26 |
| Yauli | Paccha | 0.17 |

ANEXO 7: P-valor obtenidos para los distritos productores de papa, en análisis utilizando el índice ICEN

| Provincia | Distrito | P-valor |
|------------|---------------------|---------|
| Chupaca | Ahuac | 0.48 |
| Chupaca | Chongos Bajo | 0.49 |
| Chupaca | Chupaca | 0.55 |
| Chupaca | Huachac | 0.52 |
| Chupaca | Huamancaca Chico | 0.41 |
| Chupaca | San Juan De Yscos | 0.54 |
| Chupaca | San Juan De Jarpa | 0.55 |
| Chupaca | Tres De Diciembre | 0.54 |
| Chupaca | Yanacancha | 0.59 |
| Concepción | Aco | 0.18 |
| Concepción | Andamarca | 0.76 |
| Concepción | Chambara | 0.63 |
| Concepción | Cochas | 0.65 |
| Concepción | Comas | 0.78 |
| Concepción | Concepción | 0.42 |
| Concepción | Heroínas Toledo | 0.37 |
| Concepción | Manzanares | 0.52 |
| Concepción | Mariscal Castilla | 0.67 |
| Concepción | Matahuasi | 0.43 |
| Concepción | Mito | 0.72 |
| Concepción | Nueve De Julio | 0.51 |
| Concepción | Orcotuna | 0.67 |
| Concepción | San José De Quero | 0.74 |
| Concepción | Santa Rosa De Ocopa | 0.42 |
| Huancayo | Carhuacallanga | 0.55 |
| Huancayo | Chacapampa | 0.59 |
| Huancayo | Chicche | 0.57 |
| Huancayo | Chilca | 0.53 |
| Huancayo | Chongos Alto | 0.60 |
| Huancayo | Chupuro | 0.60 |
| Huancayo | Colca | 0.53 |
| Huancayo | Cullhuas | 0.58 |
| Huancayo | El Tambo | 0.37 |
| Huancayo | Huacrapuquio | 0.63 |
| Huancayo | Hualhuas | 0.54 |

Continuación

| Provincia | Distrito | P-valor |
|-----------|---------------------------|---------|
| Huancayo | Huancan | 0.44 |
| Huancayo | Huancayo | 0.45 |
| Huancayo | Huasicancha | 0.47 |
| Huancayo | Huayucachi | 0.59 |
| Huancayo | Ingenio | 0.49 |
| Huancayo | Pariahuanca | 0.48 |
| Huancayo | Pilcomayo | 0.48 |
| Huancayo | Pucara | 0.44 |
| Huancayo | Quichuay | 0.64 |
| Huancayo | Quilcas | 0.55 |
| Huancayo | San Agustin | 0.52 |
| Huancayo | San Jeronimo De Tunan | 0.55 |
| Huancayo | Santo Domingo De Acobamba | 0.75 |
| Huancayo | Sapallanga | 0.52 |
| Huancayo | Saño | 0.26 |
| Huancayo | Sicaya | 0.51 |
| Huancayo | Viques | 0.64 |
| Jauja | Acolla | 0.34 |
| Jauja | Apata | 0.40 |
| Jauja | Ataura | 0.29 |
| Jauja | Canchayllo | 0.41 |
| Jauja | Curicaca | 0.53 |
| Jauja | El Mantaro | 0.34 |
| Jauja | Huamalí | 0.28 |
| Jauja | Huaripampa | 0.29 |
| Jauja | Huertas | 0.31 |
| Jauja | Janjaillo | 0.42 |
| Jauja | Jauja | 0.20 |
| Jauja | Julcán | 0.33 |
| Jauja | Leonor Ordoñez | 0.34 |
| Jauja | Llocllapampa | 0.31 |
| Jauja | Marco | 0.28 |
| Jauja | Masma | 0.34 |
| Jauja | Masma Chicche | 0.40 |
| Jauja | Molinos | 0.42 |
| Jauja | Muqui | 0.25 |

Continuación

| Provincia | Distrito | P-valor |
|-----------|---------------------|---------|
| Jauja | Muquiyauyo | 0.31 |
| Jauja | Paca | 0.37 |
| Jauja | Paccha | 0.34 |
| Jauja | Pancán | 0.25 |
| Jauja | Parco | 0.41 |
| Jauja | Pomacancha | 0.43 |
| Jauja | Ricrán | 0.30 |
| Jauja | San Lorenzo | 0.23 |
| Jauja | San Pedro De Chunán | 0.46 |
| Jauja | Sausa | 0.33 |
| Jauja | Sincos | 0.37 |
| Jauja | Tunán Marca | 0.31 |
| Jauja | Yauli | 0.39 |
| Jauja | Yauyos | 0.29 |
| Junín | Carhuamayo | 0.22 |
| Junín | Junín | 0.29 |
| Junín | Ulcumayo | 0.92 |
| Junín | Ondores | No data |
| Tarma | Acobamba | 0.83 |
| Tarma | Huaricolca | 0.64 |
| Tarma | Huasahuasi | 0.69 |
| Tarma | La Unión | 0.72 |
| Tarma | Palca | 0.69 |
| Tarma | Palcamayo | 0.64 |
| Tarma | San Pedro De Cajas | 0.88 |
| Tarma | Tapo | 0.75 |
| Tarma | Tarma | 0.79 |
| Yauli | Chacapalpa | 0.20 |
| Yauli | Huay-Huay | 0.21 |
| Yauli | La Oroya | 0.23 |