



Universidad de Cuenca

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN
UNA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA VERTIENTE DEL
PACÍFICO DURANTE LOS AÑOS 2011-2014**

Tesis previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR:

ING. ROLANDO ENRIQUE CÉLLERI ALVEAR, PHD

AUTOR:

JOSÉ LUIS SÁNCHEZ DELGADO

CUENCA - ECUADOR

MARZO – 2015



RESUMEN

El estudio del clima mediante las variables climáticas es importante por su variabilidad y gran valor en la disponibilidad de recursos hídricos, es por lo que se realizó un análisis del comportamiento climático en una gradiente altitudinal del Pacífico. La investigación utilizó datos de tres estaciones meteorológicas ubicadas en el observatorio ecohidrológico del Centro de Hidrología y Clima del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales (iDRHiCA) ubicadas en el páramo de Zhurucay. Las variables fueron temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento. Los resultados muestran que en Zhurucay principal la temperatura tiene un incremento los primeros meses del año, la humedad y radiación han aumentado en la mayoría de meses y la velocidad ha disminuido en los primeros meses. En Zhurucay base hay un incremento de la temperatura en la mayoría de los meses, la humedad y radiación han disminuido en la mayoría de meses y la velocidad ha disminuido en los primeros meses del año. En San Fernando ha habido un decremento en temperatura, humedad, velocidad y radiación en la mayoría de los meses. La temperatura va teniendo menos influencia de la época de precipitación conforme decrece altitudinalmente, la humedad tiene más influencia de la época de precipitación conforme decrece altitudinalmente, la época de precipitación muestra gran influencia en la velocidad en las estaciones de Zhurucay, existe un aumento en la radiación en las tres estaciones durante la época de precipitación de octubre a diciembre.

Palabras clave: Páramo, Temperatura, Humedad, Radiación, Velocidad.



ABSTRACT

The study of the weather according to the climatic changing is important for its variety and great value in the availability of water resources, it did an analysis of climatic behavior in an altitudinal gradient of Pacific. The investigation used of three meteorological stations located in Ecohydrologic Observatory in the center of Hydrology and Weather of Department of Water Resources and Environmental Science (iDRHICA) located in the moor of Zhurucay. The variables were air temperature, sunlight, relative humidity and wind speed. The results show in Main Zhurucay the temperature has increased the first months of the year, the humidity and radiation has increased in the most months and the speed has decreased in the first months. In Base Zhurucay has increased the temperature in most months, the humidity and radiation has decreased in most months and the speed has decreased in the first months of the year. In San Fernando has been a decreased of the temperature, humidity, speed and radiation in most of the months. The temperature is having less influence of time precipitation according to decreases altitudinally the humidity has more influence the time of precipitation according to decreases altitudinally, the time of precipitation shows great influence of the speed on the stations of Zhurucay, there is an increase in the radiation in the three stations during the time of precipitation from October to December.

Keywords: moor, temperature, humidity, radiation, speed.



INDICE

RESUMEN..... 2

ABSTRACT 3

AGRADECIMIENTO 7

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN 8

 1.1. Antecedentes 8

 1.2. Justificación..... 10

 1.3. Objetivos..... 11

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS 13

 2.1. Descripción del área de estudio..... 13

 2.2. Instrumentos y equipos 14

 2.3. Datos. Origen de los datos y control de calidad 14

 2.4. Selección de estaciones y período de análisis 15

 2.5. Análisis de la información 16

 2.6 Análisis del comportamiento, patrones y variaciones de las variables climáticas en escalas mensual y anual 16

CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 18

 3.1 Interpretación del comportamiento de las variables climáticas en la gradiente altitudinal. 18

 3.2 Determinación de máximos y mínimos valores de las variables climáticas..... 21

 3.3. Comportamiento y oscilación del clima en el sitio de estudio 25

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 30

CAPITULO 5. BIBLIOGRAFIA..... 32

ANEXOS 35

 Anexo 1: Tablas de Promedio 35

 Anexo 2: Gradientes de temperatura, humedad, radiación y velocidad..... 38

 Anexo 3: Temperatura, Humedad, Radiación y Velocidad promedio horario mensual. 38

 Anexo 4: Graficas de contorno de Zhuruca y Principal, Base y San Fernando 39



Universidad de Cuenca

Universidad de Cuenca

Fundada en 1867

Yo, José Luis Sánchez Delgado, autor de la tesis “**COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN UNA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO DURANTE LOS AÑOS 2011-2014**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 18 de marzo del 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JL Sánchez', enclosed within a large, loopy oval stroke.

José Luis Sánchez Delgado

0105729438



Universidad de Cuenca

Universidad de Cuenca

Fundada en 1867

Yo, José Luis Sánchez Delgado, autor de la tesis “**COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN UNA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO DURANTE LOS AÑOS 2011-2014**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **Ingeniero Civil**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 18 de marzo del 2015.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters and a large flourish.

José Luis Sánchez Delgado

0105729438



AGRADECIMIENTO

A todos los integrantes del Grupo de Ciencias de la Tierra y el Ambiente de la Universidad de Cuenca que colaboraron he hicieron posible este proyecto. Al Ingeniero Mario Córdova Mora por su gran apoyo en ideas y en la obtención de los datos analizados en esta investigación. Al Ingeniero Galo Carrillo Rojas por sus ideas y comentarios que enriquecieron la investigación y al Ingeniero Rolando Célleri Alvear por su brillante dirección y apoyo en la realización de esta tesis.

José Luis Sánchez Delgado
Cuenca, marzo de 2015



CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El interés del clima ha crecido debido a su variabilidad ya que tiene un fuerte impacto en la disponibilidad de recursos hídricos (Garreaud, Vuille, & Clement, 2003). Para comprender mejor la variabilidad climática y obtener el gradiente altitudinal en una vertiente del Pacífico se mide cada una de las variables climáticas, dicha variabilidad climática está relacionada con las fluctuaciones en la circulación atmosférica (Castañeda & Ratto, 2009), ya que los fenómenos atmosféricos externos tienen gran impacto social y económico.

El comportamiento y variación de las variables climáticas permitiría conocer patrones del comportamiento climático en la región de estudio además de poder caracterizar el clima en las cuencas de cabecera, determinar regímenes pluviométricos y analizar impactos de cambios climáticos en el suministro de agua. Las variables que se necesitan para ver el comportamiento y variación climática son temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento. Las mediciones meteorológicas permiten una vigilancia discreta de las variables climáticas a diferentes alturas (Hellström & Mark, 2006).

Para realizar un análisis detallado del comportamiento y variación climática se necesitan estaciones meteorológicas automáticas que además cuenten con todos los sensores necesarios. Es muy difícil contar con datos meteorológicos completos a escala horaria y diaria (Stöckle et. al., 2003; Li et. al., 2009), en Ecuador esto es aún más difícil por la limitación de infraestructura de observatorios meteorológicos/climáticos (Cordova, 2013). En la actualidad, para la medición de las variables meteorológicas existen estaciones automáticas que permiten obtener mediciones más exactas y con una mayor frecuencia de muestreo.

Existen cambios drásticos en el clima y en el ciclo hidrológico en los trópicos (Hardy, Vuille, Braun, Keimig, & Bradley, 1998) pero no se han encontrado investigaciones que estudien las variaciones, comportamiento o patrones del clima en ecosistemas de



páramo andino, por lo que hay un vacío de conocimiento del comportamiento exacto de nuestro clima en los últimos años.

El páramo es un ecosistema andino ubicado en zonas montañosas que se encuentra aproximadamente entre los 3500 y 5000 metros de altura sobre el nivel del mar (Josse et al., 2009), conformado en su mayoría por valles y planicies de origen glaciar (Buytaert et al., 2006a). El páramo es muy importante social, económico y ambientalmente para toda la región andina ya que tiene un gran valor ecológico, científico y genético (Díaz-Granados et al., 2005). Este ecosistema ha sido estudiado muy poco debido a la escasa investigación científica que se le ha dado, a pesar de brindar servicios ambientales directos a la población como el abastecimiento de agua para consumo humano, agricultura, industria o hidroelectricidad (De Bièvre et al., 2012; Hofstede et al., 2003).

Hace años en los páramos de nuestro país el monitoreo meteorológico en las estaciones era deficiente debido a que se contaban con estaciones manuales que requieren de un operador que controle dichas estaciones los 365 días del año, presentando deficiencia como vacío de datos, falla de sensores, fallas humanas entre otras. Por esta razón el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) operaba con mucha dificultad estas estaciones ya que estos datos no son muy adecuados para poder realizar estudios profundos.

El observatorio ecohidrológico del Centro de Hidrología y Clima del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales (iDRHiCA) tiene dos estaciones ubicadas en Zhurucay y una en San Fernando. La primera estación se encuentra a 3780 m s.n.m. y coordenadas UTM 17M, 696439, 9661707 y la segunda a 3290 m s.n.m. mientras que la tercera estación está ubicada en San Fernando a 2696 m s.n.m. las cuales tienen instalada una estación meteorológica automática equipada con sensores para medir la radiación solar, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, además de otras variables. Las estaciones en Zhurucay se encuentran en funcionamiento desde febrero de 2011 y la estación de San Fernando se encuentra en funcionamiento desde febrero del 2012, por lo tanto se tienen todos los datos necesarios para realizar este estudio.



Los resultados de este estudio serán de gran utilidad en el futuro, ya que se da un punto de inicio para futuros proyectos meteorológicos y de recursos hídricos, aparte se tiene una base de datos de dichas variables que pueden ser muy útiles para estudios de Evapotranspiración.

1.2. Justificación

La variación del clima que se presenta en nuestra sierra ecuatorial año tras año es un factor muy importante ya que el páramo es la principal fuente de agua en nuestra región que sirve para distintos fines: domestico, industrias y en distintas áreas como la hidrología, la meteorología, la agricultura y la ganadería. Sin embargo hay muy pocos estudios que describan el comportamiento de las variables climáticas por lo que no se sabe si es que existen grandes o pequeñas variaciones en las mismas.

Debido a la falta de monitoreo a detalle no se conoce la variabilidad temporal, estacional, ni características de las propiedades del clima en gradientes altitudinales. Esto ha traído como problema la imposibilidad de caracterizar el clima en las cuencas de cabecera, determinar regímenes pluviométricos y analizar impactos de cambios climáticos en el suministro de agua y en la frecuencia y severidad de inundaciones, para citar algunos ejemplos. Por lo expuesto es de suma importancia estudiar con detalle el clima y su variabilidad espacio-temporal en las vertientes de la cordillera de los Andes.

Una correcta estimación de los patrones de comportamiento del clima es fundamental en el riego de cultivos y en la predicción de la producción agrícola por lo que una correcta interpretación de las variables climáticas es primordial para maximizar la producción agrícola. Conocer el comportamiento climático es fundamental ya que el clima está íntimamente vinculado con el desarrollo de la vegetación.

Para esta investigación se utilizarán los datos recolectados por el Centro de Hidrología y Clima del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales de la Universidad de Cuenca desde marzo de 2011 hasta febrero 2014 correspondientes a tres estaciones meteorológicas automáticas ubicadas a lo largo de una gradiente altitudinal del Pacífico. Dos de ellas se encuentran en la cuenca del río Zhuruca, y



afluente del río Jubones, que se encuentra a 85 Km de la ciudad de Cuenca en dirección sudeste la primera estación a 3780 msnm y la segunda a 3290 m snm, la tercera estación está ubicada en San Fernando a 2696 m snm. Este sistema de monitoreo fue implementado como parte del Programa de investigación financiado por la SENESCYT llamado “Impacto del cambio climático y uso de la tierra sobre los recursos hídricos, generación hidroeléctrica e inundaciones de las cuencas Jubones y Paute”.

Se analizarán la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento en promedios mensuales y anuales para determinar la variabilidad climática que existe en la región. Se realizara graficas de contorno de cada una de las variables climáticas y por cada año de estudio, en donde se comparara y registrara los cambios que se han dado tanto mensual como anual en la región de estudio, además se determinará el gradiente altitudinal anual para cada una de las variables en los años analizados. También se estudiará la ocurrencia de patrones en la dinámica estacional de estas variables y su relación con la altitud.

Por ello, la aplicación de los resultados obtenidos en este estudio será de vital importancia en la disminución de la incertidumbre de la variación climática a cualquier escala espacial y temporal y emprender estudios científicos interdisciplinarios y transdisciplinarios.

1.3. Objetivos

El objetivo principal de la investigación es “Analizar el comportamiento de las variables climáticas en una gradiente altitudinal de la vertiente del Pacífico durante los años 2011-2014”, el poder analizar, identificar y describir variaciones o patrones de comportamiento en el clima servirá como un punto de inicio para futuros estudios meteorológicos y climáticos para aplicaciones en las distintas ramas de la Ingeniería, en especial para el suministro de agua potable, riego y para estudios de inundaciones o para poder conocer la respuesta de los ecosistemas a cambios en el clima para citar los más importantes estudios donde se encuentra la frontera de la ciencia.



Universidad de Cuenca

Para lograr el objetivo principal se necesitan hacer los siguientes objetivos específicos que son: (i) Identificar el comportamiento, patrones y variaciones de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento en escalas mensual y anual. (ii) Determinar máximos y mínimos valores de cada variable climática, el comportamiento y oscilación del clima en la región. (iii) Obtener los gradientes altitudinales de cada variable meteorológica.



CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de estudio

En el presente estudio se utilizan datos de tres estaciones meteorológicas ubicadas a lo largo de una gradiente altitudinal. Dos de las estaciones se encuentran ubicadas en el observatorio ecohidrológico del Centro de Hidrología y Clima del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales (iDRHiCA) en la cuenca del río Zhurucay, afluente del río Jubones que drena hacia el Océano Pacífico. El sitio se encuentra a 85 Km al sudeste de la ciudad de Cuenca Azuay, Ecuador, la primera estación se encuentra a 3780 m s.n.m. y coordenadas UTM 17M, 696439, 9661707 y la segunda a 3290 m s.n.m (Célleri et al., 2013).

La cuenca del Río Zhurucay tiene un área de drenaje de 7,97 km² y un rango altitudinal entre los 3400 y 3900 m s.n.m. El clima de la cuenca de estudio está influenciado por el régimen del Pacífico que llega del oeste y las masas de aire continentales del lado Amazónico que provienen del Atlántico (Vuille et al., 2000). Como resultado de la influencia de estos dos regímenes la precipitación anual resultante es ligeramente bimodal (con una estación más seca entre Agosto a Septiembre y otra menos seca de Diciembre a Febrero) ya que la distribución anual de la precipitación es relativamente uniforme (Buytaert et al., 2005). (Mosquera et al. 2013)

La parte norte de la cuenca, en la que se encuentra la estación meteorológica está sobre la formación Quimsacocha que está compuesta de plagioclasas, feldespato y piroclastos andesíticos. La cobertura vegetal está principalmente compuesta de pajonal, almohadilla y bosque de *Polylepis* sp. Esta vegetación ha sido afectada por pastoreo extensivo de baja densidad y quemadas en la parte baja de la cuenca. El suelo tiene alto contenido de materia orgánica debido a su formación volcánica, el clima frío y húmedo y la baja presión atmosférica. (Mosquera et. al., 2012). Estudios realizados indican que la precipitación en el lugar es de baja intensidad, comúnmente menor a los 10 mm/h. la precipitación anual varía entre los 1000 mm a 1600 mm. (Padron, 2013, Mosquera et al., 2012).



La tercera estación está ubicada en San Fernando a 2696 m s.n.m. Este sistema de monitoreo fue implementado como parte del Programa de investigación financiado por la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología (SENESCYT) llamado “Impacto del cambio climático y uso de la tierra sobre los recursos hídricos, generación hidroeléctrica e inundaciones de las cuencas Jubones y Paute”.

2.2. Instrumentos y equipos

Las estaciones están equipadas con un un piranómetro CS300 - Campbell Scientific, un anemómetro y veleta Met One 34B - Windset Campbell Scientific, un sensor combinado de humedad relativa y temperatura del aire CS2150 - Temperature and Relative Humidity probe, Campbell Scientific. Los datos se han almacenado en un datalogger CR1000 en la estación de Zhurucay Principal y un datalogger CR800 para San Fernando y Zhurucay Base- Measurement and Control Datalogger, Campbell Scientific. Los sensores fueron programados para muestrear cada quince segundos las variables indicadas y el registro de datos se realiza de la siguiente manera: Temperatura promedio, máxima y mínima del aire [°C] cada 5 minutos; Radiación neta promedio [KW m-2] cada 5 minutos; Radiación solar promedio [KW m-2] y total [MJ m-2] cada 5 minutos; Velocidad promedio del viento [m s-1] cada 5 minutos, y Humedad relativa instantánea cada 5 minutos [%].

2.3. Datos. Origen de los datos y control de calidad

Se utilizaron los datos recolectados por el Centro de Hidrología y Clima del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales de la Universidad de Cuenca desde marzo de 2011 hasta febrero 2014 para las dos estaciones de Zhurucay mientras que para la estación de San Fernando se utilizó datos desde marzo 2012 hasta el febrero 2014. Se descargó periódicamente la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento de cada una de las estaciones.



Para desarrollar el estudio se realizó el control de calidad de los datos aparte se analizó que los datos proporcionados por las estaciones sean similares a valores tomados en campo. Periódicamente se revisaba cada estación para verificar su buen funcionamiento. Debido a que las descargas eran cada cinco minutos, hubo ocasiones en donde no se registraron alguna o todas las variables climáticas por lo que se realizó el relleno de datos cuando era posible en periodos cortos, estos se los hizo colocando los promedios horarios en los datos faltantes. Cuando había periodos muy largos en los cuales no se registró alguna o todas las variables climáticas se optó por no realizar ningún tipo de relleno.

2.4. Selección de estaciones y período de análisis

Se seleccionó las dos estaciones de Zhuruca y la de San Fernando por que dichas estaciones poseen varios años de recolección de datos que sirvieron para poder determinar la variabilidad climática que existe en nuestra región. Además, estas estaciones presentan diferentes altitudes siendo óptimas para determinar el gradiente altitudinal anual de la vertiente del Pacífico para cada una de las variables climáticas, punto muy importante ya que no existen estudios de gradientes altitudinales en vertientes del Pacífico.

Para las estaciones de Zhuruca se emplearon los datos desde marzo 2011 a febrero 2014, estos datos se los dividió en tres periodos de doce meses, el primer periodo de marzo 2011 a febrero 2012, el segundo periodo de marzo 2012 a febrero 2013 y el tercer periodo de marzo 2013 a febrero 2014. Para San Fernando se utilizó los datos desde marzo 2012 a febrero 2014, debido a que dicha estación no presenta datos desde marzo 2011 a febrero 2012 solo se pudo realizar dos periodos de doce meses, el primer periodo de marzo 2012 a febrero 2013 y el segundo periodo de marzo 2013 a febrero 2014.



2.5. Análisis de la información

Se tenía los datos de temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento tanto para los tres periodos de Zhurucay como para los dos periodos de San Fernando. Una vez realizado el control de calidad de los datos con sus respectivos rellenos, se trabajó por separado con los datos de cada variable climática. Debido a que los datos originalmente están tomados cada cinco minutos se realizó la acumulación horaria de los mismos. En horas en donde no existió ningún registro se optó por dejar la hora en blanco ya que poner un valor de cero alteraría los valores al querer obtener el promedio horario mensual. En horas en donde faltaron algunos datos cada cinco minutos se calculó el promedio con los datos existentes en la hora para no afectar el valor horario.

2.6 Análisis del comportamiento, patrones y variaciones de las variables climáticas en escalas mensual y anual

Para obtener el comportamiento, patrones y las variaciones climáticas se realizaron los siguientes procesos en los datos de las estaciones. Se calculó para cada una de las variables climáticas el promedio horario mensual, el promedio mensual y el promedio anual.

Primero, para determinar las variaciones climáticas que hubo en los años de estudio se analizó si que existen alteraciones o variaciones en las estaciones año tras año por lo que se comparó los periodos que se realizaron en cada estación para cada una de las variables climáticas. Para la estación Zhurucay Base se comparó: el promedio anual, el promedio mensual y hora a hora los promedios horarios mensuales, del periodo marzo 2011 a febrero 2012 con el periodo marzo 2012 a febrero 2013 y este último periodo se comparó con el periodo marzo 2013 a febrero 2014. Para la estación Zhurucay Principal se realizó el mismo proceso. Para la estación de San Fernando se comparó el promedio anual, el promedio mensual y hora a hora los promedios horarios mensuales del periodo marzo 2012 a febrero 2013 con el periodo marzo 2013 a febrero 2014.



Segundo, para obtener la gradiente y el comportamiento del clima en la gradiente altitudinal se comparó las variables climáticas que se observaron en cada una de las estaciones para cada periodo. Para el periodo marzo 2011 a febrero 2012 se comparó el promedio anual y el promedio mensual de la estación de Zhuruca y Principal con la estación Zhuruca y Base, mientras que para los periodos marzo 2012 a febrero 2013 y marzo 2013 a febrero 2014 se compararon el promedio anual y el promedio mensual de la estación de Zhuruca y Principal con la estación Zhuruca y Base y esta última se comparó con la estación de San Fernando. Obteniendo así los comportamientos y patrones del clima, para la gradiente solo se comparó el promedio anual entre las estaciones, ya que existen tres años de datos se tiene una gradiente para cada año de estudio.

Tercero, se realizó para cada variable climática graficas de contorno utilizando el software Grapher. Para generar las gráficas de cada una de las variables climáticas se necesita el promedio horario mensual de cada periodo, al ser dos estaciones de Zhuruca y que tienen tres periodos y al ser cuatro variables climáticas se tiene un total de 24 graficas de contorno mientras que en San Fernando se tiene dos periodos y cuatro variables climáticas dando 8 graficas de contorno es decir que se tiene treinta dos graficas de contorno. Es fácil notar variaciones visualmente, por lo que dichas graficas ayudaron de mejor manera a apreciar y notar el comportamiento y las diferentes variaciones que se dieron año tras año en cada estación y como varia el clima anualmente y altitudinalmente en la gradiente del Pacifico analizada.

Finalmente, se calculó los promedios horarios mensuales de cada estación por periodos y para cada variable climática, con estos promedios se realizó graficas de dispersión de puntos. Por ejemplo para la estación Zhuruca y Principal se realizó tres graficas de dispersión de puntos, una por cada periodo y cada grafica se la comparo entre ellas para ver variaciones anuales, el mismo procedimiento se realizó para las otras dos estaciones.



CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Interpretación del comportamiento de las variables climáticas en la gradiente altitudinal

Se sabe que con forme se disminuye altitudinal mente la temperatura crece, esto sucede claramente en las estaciones, en donde Zhurucay principal tiene la de mayor altitud pero a su vez posee la menor temperatura de las estaciones. Comparando la temperatura promedio anual en cada estación (Ver Anexo 1: Tablas de promedios) se puede obtener el gradiente altitudinal de temperatura en el sitio de estudio.

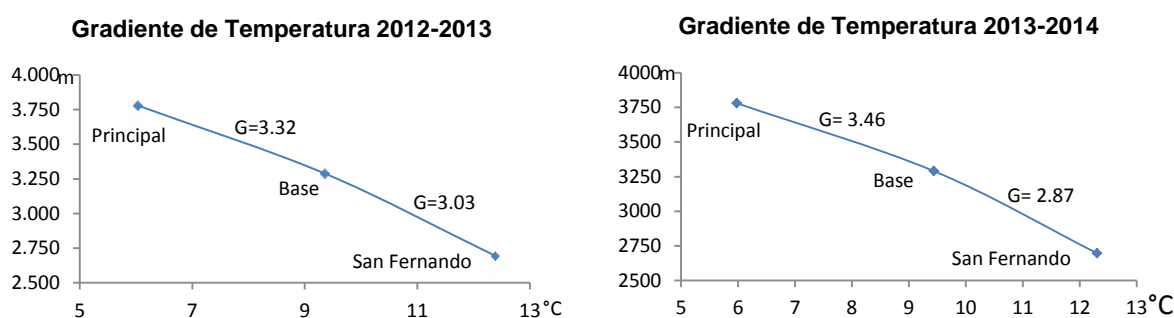


Figura 1: Gradientes de Temperatura

La figura 1 nos muestra el Gradiente de temperatura que se dio entre las estaciones durante el periodo 2012 – 2013 y el periodo 2013 – 2014, siendo estas graficas muy similares a la del gradiente altitudinal de temperatura para el otro periodo, esta gráfica del otro periodo se encuentra en Anexo 2, se nota claramente que el gradiente altitudinal de temperatura entre las estaciones de Zhurucay principal y base es creciente con respecto a una menor altitud siendo el primer año de 3.06, el segundo de 3.32 y el tercero de 3.46, existiendo a su vez un incremento del gradiente durante los periodos de estudio, mientras que el gradiente altitudinal de temperatura entre Zhurucay base y San Fernando es así mismo creciente con respecto a la estación de menor altitud siendo de 3.03 el primer año y de 2.87 para el segundo año dándose un decremento del gradiente en los periodos de estudio debido al aumento de temperatura que se ha dado en Zhurucay Base y disminución en la temperatura en San Fernando.

Analizando el comportamiento de la humedad en la gradiente tenemos que la estación a mayor altitud posee la mayor humedad y con forme disminuye altitudinal mente las estaciones se va disminuye su humedad. Comparando la humedad promedio anual de las estaciones (Ver Anexo 1: Tablas de promedios) se obtuvo los gradientes altitudinales de humedad.

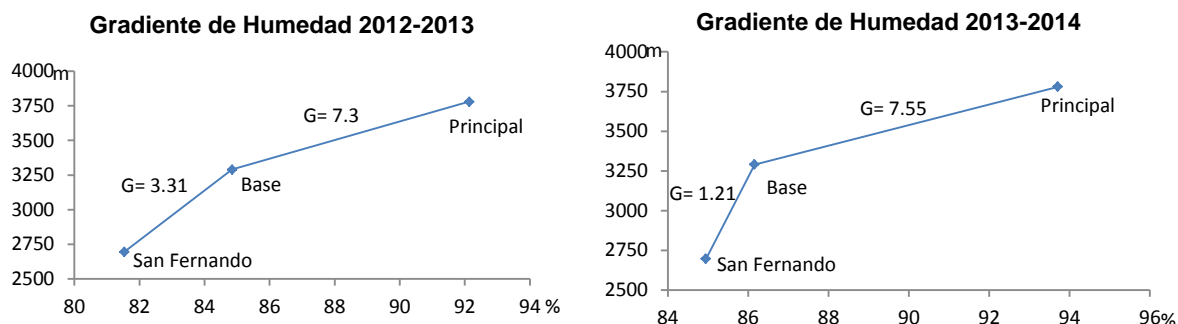


Figura 2: Gradientes de Humedad

La figura 2 nos muestra los Gradientes de humedad que se dio entre las estaciones durante el periodo 2012 – 2013 y el periodo 2013 -2014, siendo esta grafica muy parecida a las de los gradientes altitudinales de humedad para el otro periodo, esta gráfica del periodo se encuentran en Anexo 2, se nota claramente que el gradiente de humedad entre las estaciones de Zhurucay principal y base es decreciente con respecto a la estación de menor altitud siendo el primer año de 3.57, el segundo de 7.29 y el tercero de 7.55 existiendo un aumento del gradiente durante los periodos de estudio, mientras que el gradiente de humedad entre Zhurucay base y San Fernando es decreciente con respecto a la estación de menor altitud siendo de 3.31 el primer año y de 1.21 para el segundo año dándose un decremento del gradiente en los periodos de estudio debido al incremento de la muy considerado de la humedad que tuvo San Fernando en el último periodo de estudio.

La radiación va disminuyendo altitudinal mente pero cuando se compara las estaciones de Zhurucay Principal y Base tenemos un raro comportamiento en donde hay años en donde la estación Base pese a tener menor altitud posee una mayor radiación. Al comparar la radiación promedio anual de cada estación (Ver Anexo 1: Tablas de promedios) puedo obtener el gradiente altitudinal de Radiación.

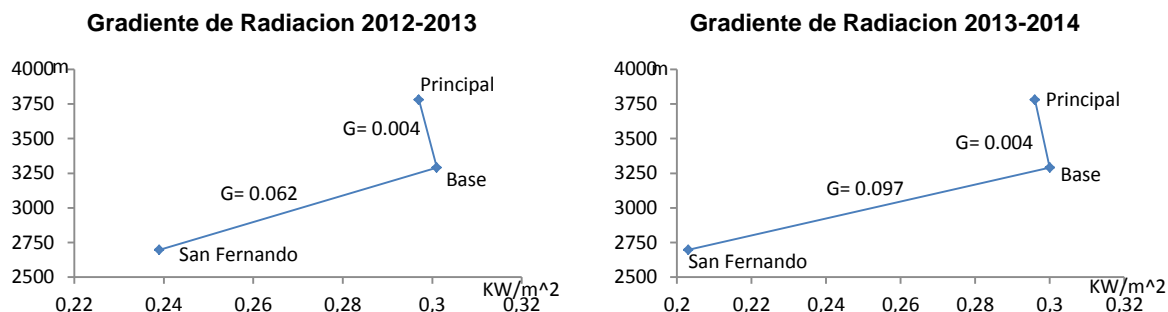


Figura 3: Gradiente de Radiación



La figura 3 nos muestra el Gradiente de Radiación que se dio entre las estaciones durante el segundo periodo 2012 – 2013 y tercer periodo 2013 – 2014, siendo esta grafica muy similar a la gráfica del gradiente altitudinal de radiación para el periodo 2011 – 2012, esta gráfica del otro periodo se encuentran en Anexos 2, se nota claramente que el gradiente altitudinal entre las estaciones de Zhuruca y principal y base es creciente con respecto a la estación de menor altitud para el segundo y tercer periodo y creciente con respecto a la estación de mayor altitud en el primer periodo estos gradientes son el primer año de 0.006, el segundo de 0.004 y el tercero de 0.004 existiendo un decremento del gradiente durante los periodos de estudio debido al incremento de la radiación que se da en Zhuruca Base, mientras que el gradiente altitudinal entre Zhuruca base y San Fernando es creciente con respecto a la estación de mayor altitud siendo de 0.062 el primer año y de 0.097 para el segundo año dándose un incremento del gradiente en los periodos de estudio debido a la disminución de la radiación en San Fernando.

En las tres estaciones la velocidad disminuye con forme se disminuye altitudinal mente, en Zhuruca y principal y San Fernando la velocidad promedio anual ha incrementado con forme pasan los periodos mientras que en Zhuruca Base la velocidad promedio anual ha disminuido. Al comparar la velocidad promedio anual (Ver Anexo 1: Tablas de promedios) se obtiene el gradiente altitudinal de velocidad.

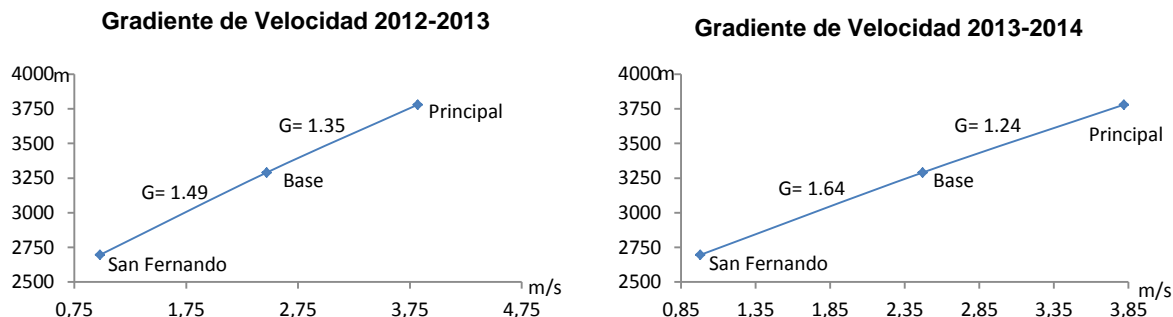


Figura 4 Gradiente de Velocidad

La figura 4 nos muestra el Gradiente de velocidad que se dio entre las estaciones durante el segundo periodo 2012 – 2013 y tercer periodo 2013 - 2014, siendo estas graficas muy similares a las del gradiente altitudinal de velocidad para el primer periodo, esta gráfica se encuentran en Anexos 2, se nota claramente que el gradiente altitudinal entre las estaciones de Zhuruca y principal y base es creciente con respecto a la estación de mayor altitud siendo el primer año de 1.85, el segundo de 1.35 y el tercero de 1.24 existiendo un decremento del gradiente durante los periodos de estudio especialmente debido a la baja velocidad de Zhuruca Base en el primer periodo, mientras que el gradiente altitudinal entre Zhuruca base y San Fernando es creciente con respecto a la estación de mayor altitud siendo de 1.49 el primer año y de 1.64 para

el segundo año dándose un aumento del gradiente en los periodos de estudio debido a la disminución en la velocidad en San Fernando.

3.2 Determinación de máximos y mínimos valores de las variables climáticas

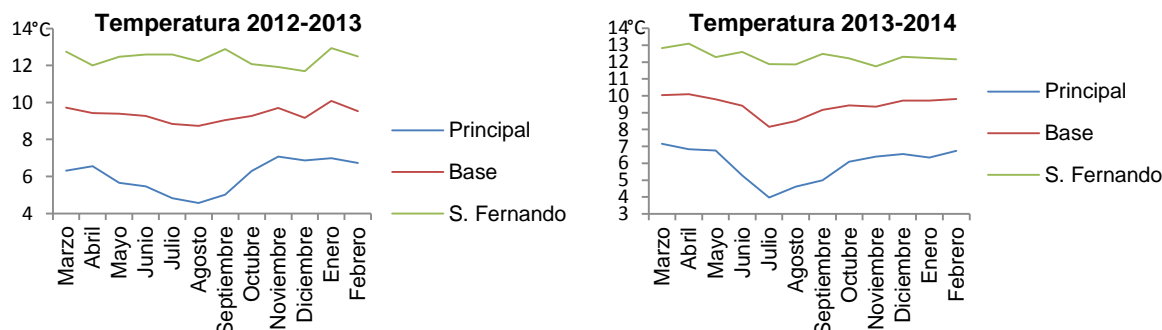


Figura 5: Temperatura Promedio Mensual

La figura 5 muestra el máximo y mínimo promedio horario mensual de temperatura que se han dado en las tres estaciones en el periodo 2012 – 2013 y el periodo 2013-2014. La gráfica de la temperatura promedio mensual para el primer periodo se encuentra en Anexo 3.

En Zhurucay Principal la máxima y mínima temperatura promedio horario mensual en el primer periodo es de 6.74° y 4.78° en noviembre y julio respectivamente, en el segundo periodo fueron de 7.09° y 4.57° en noviembre y agosto respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de 7.15° y 3.97° en marzo y julio respectivamente. La máxima temperatura horaria mensual sucede en época de lluvia en todos los periodos mientras que las mínimas temperaturas suceden en época seca. Se puede notar una gran variabilidad de la temperatura promedio mensual por medio de la influencia de la estación lluviosa debido a que es muy notorio la variación de temperatura que se da mes a mes notándose un decremento muy notorio en la temperatura que se da en época seca.

En Zhurucay Base la máxima y mínima temperatura promedio horario mensual en el primer periodo es de 9.50° y 8.32° que suceden en noviembre y julio respectivamente, en el segundo periodo fueron de 10.08° y 8.73° en enero y agosto respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de 10.09° y 8.16° en abril y julio respectivamente. La máxima temperatura horaria mensual sucede en época de lluvia en todos los periodos mientras que las mínimas temperaturas suceden en época seca para el segundo y tercer periodo mientras que en el primer periodo sucede en época de lluvia. No se puede notar una gran variabilidad de la temperatura promedio horario mensual por medio de la influencia de la estación lluviosa debido a que no es grande la variación de temperatura que se da mes a mes.



En San Fernando el máximo y mínimo promedio horario mensual de temperatura en el primer periodo es de 12.94° y 11.70° que suceden en enero y diciembre respectivamente mientras que en el segundo periodo la máxima y mínima temperatura horaria es de 13.09° y 11.76° en abril y noviembre respectivamente, Las mínimas temperaturas se dan en épocas de lluvia. No se puede notar una gran variabilidad de la temperatura promedio horaria mensual por medio de la influencia de la estación lluviosa debido a que es mínima la variación de temperatura que se da mes a mes.

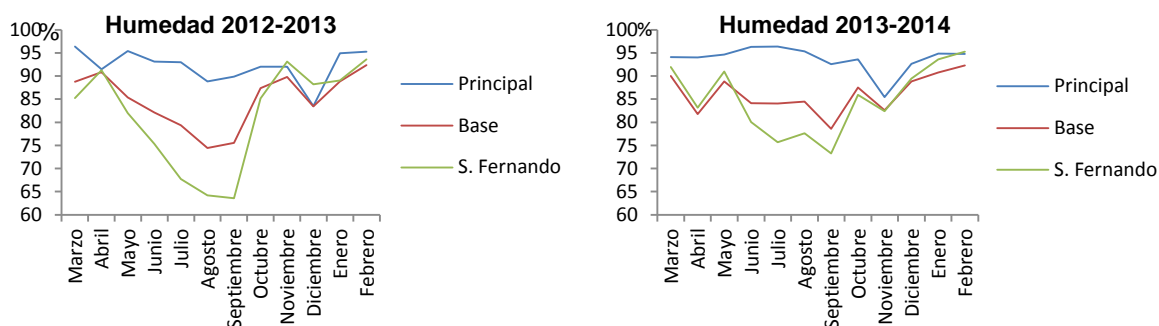


Figura 6: Humedad Promedio Mensual

La figura 6 muestra el máximo y mínimo promedio horario mensual de humedad que se han dado en las tres estaciones en el periodo 2012 – 2013 y periodo 2013-2014. La gráfica de la humedad promedio mensual para el primer periodo se encuentra en Anexo 3.

En Zhuruca Principal el máximo y mínimo promedio horario mensual de humedad en el primer periodo es de 95.59% y 81.57% en julio y octubre respectivamente, en el segundo periodo fueron de 96.37% y 83.53% en marzo y diciembre respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de 96.34% y 85.43% en junio y noviembre respectivamente. La máxima humedad sucede en época de lluvia en el segundo periodo y en época seca para los otros dos periodos y las mínimas humedades suceden en época lluvia para todos los periodos. Siempre de octubre a diciembre hay un decremento de la humedad y el resto de los meses no presenta mucha variación.

En Zhuruca Base el máximo y mínimo promedio horario mensual de humedad en el primer periodo es de 96.04% y 79.06% en enero y agosto respectivamente, en el segundo periodo fueron de 92.35% y 74.42% en febrero y agosto respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de 92.28% y 78.59% en febrero y septiembre respectivamente. La máxima humedad sucede en época de lluvia y las mínimas humedades suceden en época seca para todos los periodos. Existe una variabilidad en las humedades promedios mensuales, siendo las humedades más altas en las épocas lluviosas y dándose un decremento de las humedades en época seca.



El máxima y mínima promedio horario mensual de humedad en San Fernando en el primer periodo es de 93.61% y 63.59% que se dan en febrero y septiembre respectivamente mientras que en el segundo periodo es de 95.25% y 73.29% en febrero y septiembre respectivamente. Las humedades máximas se dan en época lluviosa mientras que las humedades mínimas se dan en época seca. Existe una gran variabilidad en las humedades promedios mensuales, siendo las humedades altas en las épocas lluviosas y bien bajas en las épocas secas notándose una gran influencia de la lluvia en la humedad.

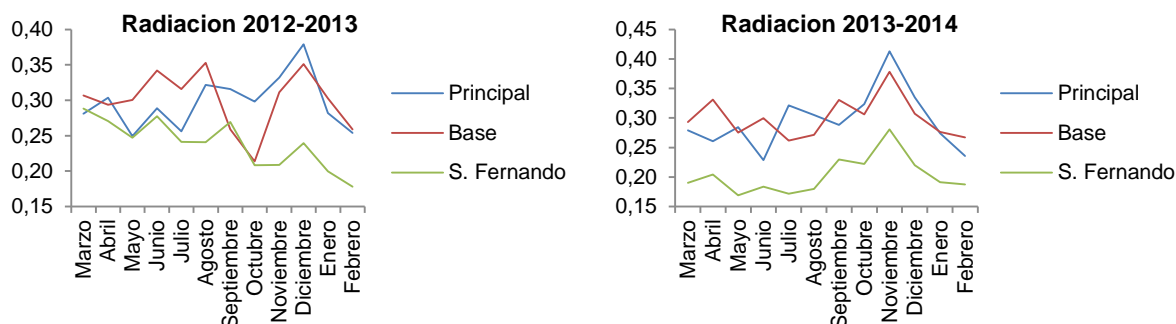


Figura 7: Radiación Promedio Mensual

La figura 7 muestra el máximo y mínimo promedio horario mensual de radiación que se han dado en las tres estaciones en el periodo 2012 – 2013 y el periodo 2013-2014, la gráfica de la radiación promedio mensual para el primer periodo se encuentra en Anexo 3. Se ha considerado solo las horas en las que se da radiación solar, es decir se toma solo radiación que sucede desde las 6:00 hasta las 19:00.

El máximo promedio horario mensual de radiación en Zhurucay Principal en el primer periodo es de 0.382 en octubre, en el segundo periodo fue de 0.387 en diciembre mientras que en el tercer periodo fue de 0.413 en noviembre. La máxima radiación horaria sucede en época de lluvia en todos los periodos. Existe una variabilidad en las radiaciones promedios horarios mensuales, siendo las humedades más altas en las épocas lluviosas principalmente en los meses de octubre noviembre y diciembre.

En Zhurucay Base el máximo promedio horario mensual de radiación en el primer periodo es de 0.357 en agosto, en el segundo periodo fue de 0.353 en agosto mientras que en el tercer periodo fue de 0.378 en noviembre. El máximo promedio horario de radiación sucede en época seca en los dos primeros periodos y en época lluvia el último periodo. Para los dos primeros periodos existen picos en agosto y septiembre y estas graficas de radiación son muy diferentes a la que aparece en la gráfica 7, Existiendo una variabilidad en los promedios mes a mes.

El máximo promedio horario de radiación en San Fernando en el primer periodo es de 0,288 en marzo mientras que en el segundo periodo es de 0,28 en noviembre, en el



primer periodo de marzo a mayo se dan las radiaciones máximas mientras que en el segundo periodo se dan de octubre a diciembre.

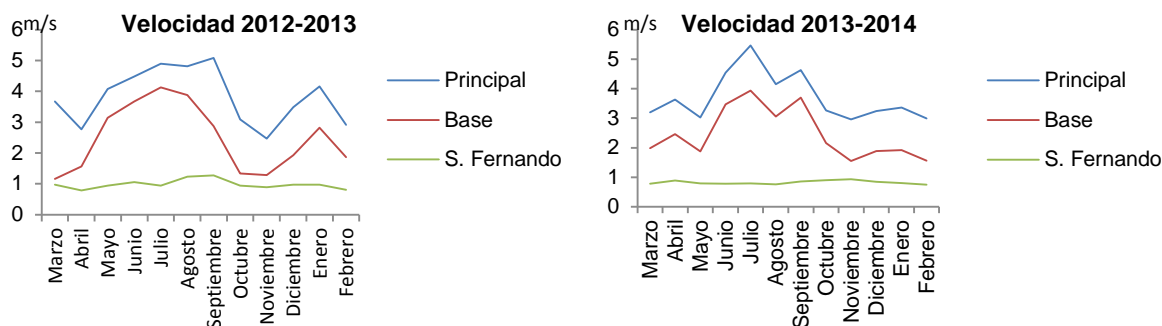


Figure 8: Velocidad Promedio Mensual

La figura 8 muestra el máximo y mínimo promedio horario mensual de velocidad que se han dado en las tres estaciones en el periodo 2012 – 2013 y el periodo 2013-2014. La gráfica de la velocidad promedio mensual para el otro periodo se encuentra en Anexo 3.

En Zhurucay Principal el máximo y mínimo promedio horario mensual de velocidad en el primer periodo es de $5.02m/s$ y $2.34m/s$ en agosto y abril respectivamente, en el segundo periodo fueron de $5.08m/s$ y $2.47m/s$ en septiembre y noviembre respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de $5.47m/s$ y $2.97m/s$ en julio y noviembre respectivamente. La máxima velocidades horarias se dan en época seca en todos los periodos, las mínimas velocidades suceden en época lluvia para todos los periodos. Hay una gran diferencia entre los meses de época lluvia y seca, siendo velocidades muy altas a comparación de las que se dan épocas lluvias especialmente en los meses de junio julio y agosto, notándose una gran influencia de la época seca.

El máximo y mínimo promedio horario mensual de velocidad en Zhurucay Base en el primer periodo es de $2.43 m/s$ y $0.63m/s$ en agosto y febrero respectivamente, en el segundo periodo fueron de $4.13m/s$ y $1.16m/s$ en julio y marzo respectivamente mientras que en el tercer periodo fueron de $3.94m/s$ y $1.55m/s$ en julio y noviembre respectivamente. La máxima velocidades siempre se dieron en época seca y las mínimas velocidades suceden en época lluvia para todos los periodos. Se nota claramente la influencia de la época lluvia ya que las velocidades bajas se dan en esta época y en la seca las velocidades altas.

El máximo y mínimo promedio horario mensual de velocidad del viento en San Fernando en el primer periodo fue de $1.27m/s$ y $0.79m/s$ en Septiembre y abril respectivamente mientras que para el segundo periodo fueron de $0.93m/s$ y $0.75m/s$

en noviembre y febrero respectivamente. No se nota una clara influencia de la lluvia debido a que la variación que se da mes a mes no es muy alta.

3.3. Comportamiento y oscilación del clima en el sitio de estudio

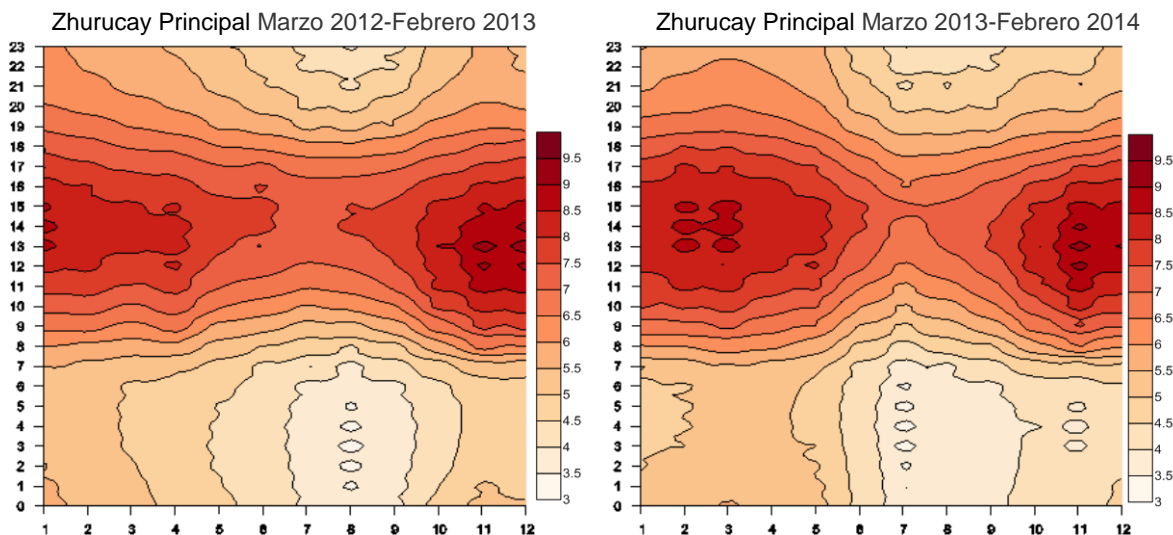


Figura 9: Grafica de Contorno de Temperatura

La figura 9 muestra las gráficas de contorno de temperatura en Zhurucay principal para el segundo y tercer periodo, el resto de graficas de contorno para los otros periodos y para las otras estaciones se encuentran en Anexos 4.

Las temperaturas máximas en Zhurucay Principal se dan en el primer y segundo periodo de enero a abril y de octubre a diciembre de 11:00 a 16:00 mientras que en el tercer periodo se da de enero a mayo y de septiembre a diciembre de 10:00 a 17:00. Las madrugadas y noches se dan temperaturas bajas, especialmente en los meses de julio a septiembre se dan las temperaturas mínimas en los tres periodos, un caso particular sucede en el tercer periodo donde en estos meses las temperaturas permanece un poco baja hasta las primeras horas del día.

Las temperaturas máximas en Zhurucay Base en el primer y segundo periodo se dan de enero a junio y de agosto a diciembre mientras que en el tercer periodo se da de enero a abril de 12:00 a 14:00 y de mediados de octubre a diciembre de 10:00 a 12:00. Las mínimas temperaturas en el primer periodo están presentes en todo el año de 21:00 a 6:00, en el segundo y tercer periodo se da desde mediados de junio hasta diciembre en noches y madrugadas. Vuelve a suceder que en el tercer periodo en los meses de julio a septiembre se dan temperaturas bajas en las primeras horas del día.

Las temperaturas máximas en San Fernando en el primer periodo se dan en enero y de junio a diciembre empezando en junio de 11:00 a 15:00 y terminando en diciembre de 11:00 a 13:00 y en el segundo periodo se dan de febrero a junio y de agosto a

diciembre de 11:00 a 14:00. Las mínimas temperaturas en ambos periodos se dan en las noches y madrugadas especialmente de junio a diciembre.

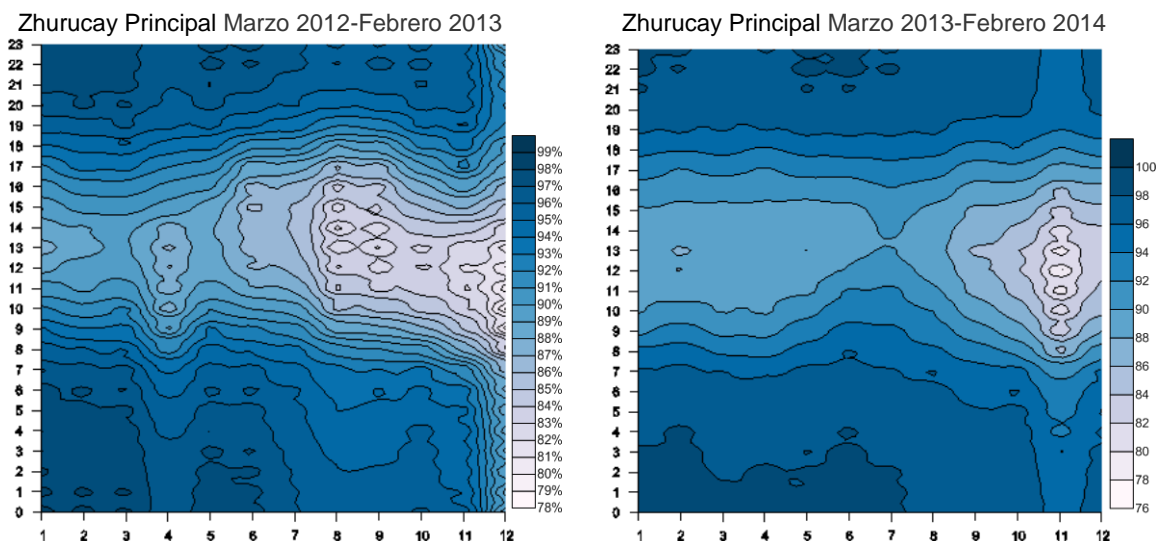


Figura 10: Grafica de Contorno de Humedad

La figura 10 muestra las gráficas de contorno de humedad en Zhurucay principal para el segundo y tercer periodo, el resto de graficas de contorno para los otros periodos y para las otras estaciones se encuentran en Anexos 4.

Las máximas humedades en Zhurucay Principal en el primer, segundo y tercer periodo se dan en las madrugadas y noches mientras que las mínimas humedades en el primer periodo se dan de marzo de 9:00 a 13:00, de agosto de 11:00 a 15:00, de octubre y noviembre de 9:00 a 15:00, en el segundo periodo las humedades más bajas se dan de agosto a diciembre de 9:00 a 16:00 y en el tercer periodo las humedades más bajas se dan casi todo el año de 10:00 a 15:00 de enero a junio y de septiembre a diciembre.

Las humedades máximas en Zhurucay Base se dan en madrugadas y noches en todos los periodos, las máximas humedades en el primer periodo se dan de enero a febrero y en diciembre mientras que en el segundo periodo se da de enero a junio y de mediados de septiembre a diciembre y en el tercer periodo las máximas humedades se dan de enero a marzo y de octubre a diciembre. Las humedades mínimas en el primer periodo se dan de agosto a mediados de diciembre de 8:00 a 15:00, en el segundo periodo se da de agosto y septiembre de 8:00 a 15:00 y en el tercer periodo se dan las humedades más bajas en los meses de abril, septiembre y noviembre de 10:00 a 12:00. En Zhurucay base en las noches y madrugadas de julio a septiembre las humedades no son tan altas como el resto de los meses.

La humedad en San Fernando en el primer y segundo periodo está claramente definida por noches y madrugadas con humedades altas existiendo una disminución de estas humedades altas en julio, agosto y septiembre, las humedades bajas en el primer

periodo se dan en horas del mediodía especialmente en julio, agosto y septiembre mientras que en el segundo periodo se dan de abril a diciembre.

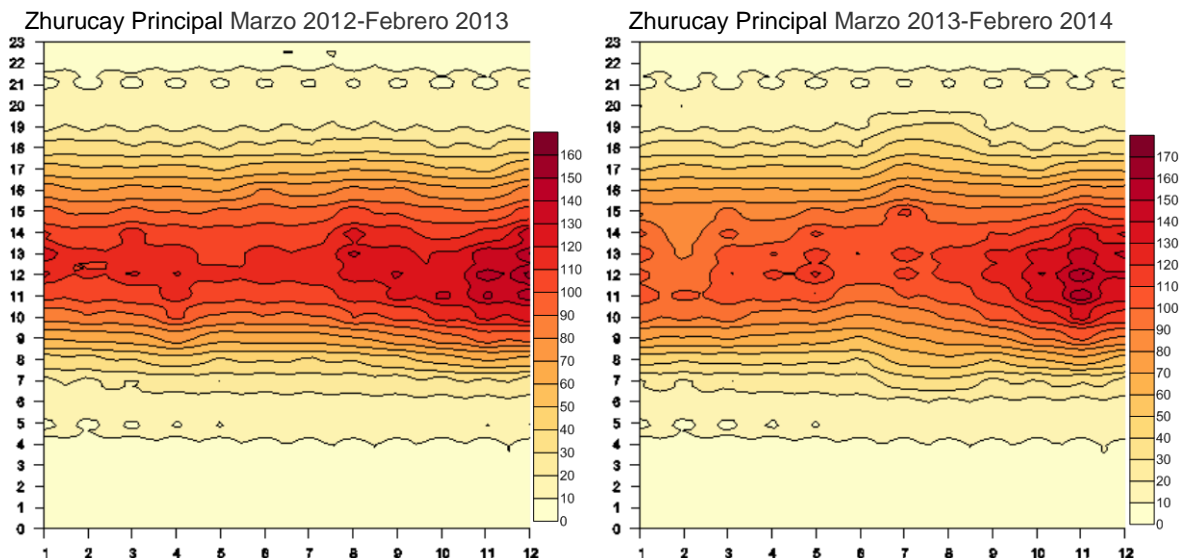


Figura 11: Grafica de Contorno de Radiación

La figura 11 muestra las gráficas de contorno de radiación en Zhurucay principal para el segundo y tercer periodo, el resto de graficas de contorno para los otros periodos y para las otras estaciones se encuentran en Anexos 4.

Las máximas radiaciones en Zhurucay Principal en el primer periodo se dan de 10:00 a 15:00 existiendo dos periodos de enero a mayo y de agosto a diciembre mientras que en el segundo periodo las radiaciones máximas se dan de agosto a diciembre de 10:00 a 14:00 pero de enero a agosto la temperatura que se da de 12:00 a 13:00 es muy similar a las radiaciones máximas y en el tercer periodo la radiación máxima se da de septiembre a diciembre de 10:00 a 15:00. En el tercer periodo de enero a septiembre se tiene la radiación que es más baja que los otros periodos.

La radiación en Zhurucay Base presenta en el primer periodo las máximas radiaciones en marzo y de julio a diciembre de 10:00 a 13:00, en el segundo periodo la radiación máxima se da de marzo a agosto y de noviembre a diciembre de 10:00 a 13:00, el mes de septiembre presenta radiaciones bajas en comparación con el resto del año y en el tercer periodo las máximas radiaciones se dan de marzo a mayo y de septiembre a diciembre de 10:00 a 13:00.

La radiación en san Fernando en el primer periodo presenta las máximas radiaciones de febrero a julio que se dan de 9:00 a 13:00 existiendo de enero a febrero radiaciones bajas a comparación del resto de meses, mientras que en el segundo periodo la máxima radiación se da desde agosto hasta diciembre de 10:00 a 14:00 existiendo

meses desde abril a agosto que presentan radiaciones bajas con respecto al resto del año.

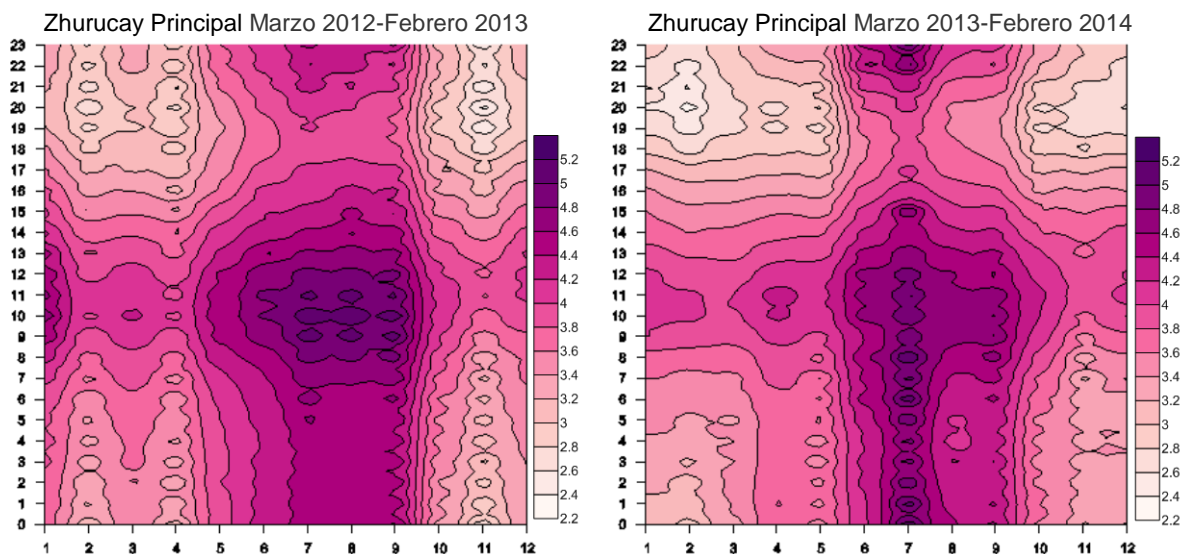


Figure 12: Grafica de Contorno de Velocidad de Viento

La figura 12 muestra las gráficas de contorno de velocidad de viento en Zhurucay principal para el segundo y tercer periodo, el resto de graficas de contorno para los otros periodos y para las otras estaciones se encuentran en Anexos 4.

La velocidad en Zhurucay principal en el primer periodo muestran las velocidades máximas que se dan de junio a septiembre de 9:00 a 15:00 en el segundo periodo las velocidades máximas se dan de mayo a septiembre de 7:00 a 13:00 y en el tercer periodo se dan de junio a septiembre de 21:00 a 13:00, en los tres periodos se puede notar velocidades altas en horas del medio día y en noches y madrugadas de mayo a septiembre. Las velocidades mínimas en el primer y segundo periodo se dan de enero a mayo y de octubre a diciembre de 18:00 a 7:00 y en el tercer periodo las mínimas velocidades se dan de enero a marzo de 0:00 a 5:00 y de 19:00 a 23:00 y de octubre a diciembre de 19:00 a 21:00 y de 0:00 a 6:00

No se puede analizar con exactitud la velocidad en Zhurucay Base en el primer periodo debido a que no existieron los datos en los meses de enero, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre. La velocidad en el segundo periodo muestra zonas con altas y bajas velocidades, las velocidades altas se dan en horas de alrededor del medio día excepto marzo, noviembre y diciembre, los meses desde mayo a septiembre presentan velocidades altas en casi todas las horas, en el tercer periodo desde junio a septiembre hay las velocidades altas en casi todas las horas del día. Las velocidades bajas en el segundo y tercer periodo se dan especialmente en las madrugadas hasta las primeras horas del día en los meses de enero a mayo y de septiembre a diciembre.



Universidad de Cuenca

La velocidad en san Fernando en el primer periodo es alta en todo el año en las horas del medio día dándose las máximas velocidades en agosto y septiembre, en el segundo periodo el comportamiento es muy similar dándose de marzo a mayo y de octubre a diciembre las velocidades máximas. Las mínimas velocidades se dan en noches y madrugadas excepto de junio a octubre donde las velocidades de las noches y madrugadas no son tan bajas que el resto de meses.



CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El comportamiento de la temperatura es creciente con forme se disminuye altitudinalmente y el gradiente entre las estaciones de Zhurucay oscila entre los 3.4, mientras que el gradiente entre Zhurucay Base y San Fernando es de 3.

La temperatura en Zhurucay principal tiene una similitud muy grande al comparar año a año los meses de datos, notándose una influencia por la precipitación, en donde los meses de junio a octubre que son meses secos que presentan las temperaturas más bajas. En Zhurucay base también se tiene una similitud muy grande al comparar año a año los meses de datos pero no presenta una gran influencia por la precipitación ya que es baja la disminución de la temperatura durante los meses de junio a octubre. Por ultimo en San Fernando el comportamiento de la temperatura es variado al comparar mes a mes ya que no se puede notar un patrón de comportamiento de la temperatura ni una influencia por la precipitación.

Se tiene un incremento en la temperatura con forme ha pasado los años, este incremento se da en los meses de lluvia mientras que se ha dado un decremento de la temperatura en los meses de época seca. Analizando la temperatura de las tres estaciones se ve que su comportamiento va teniendo menos influencia de la precipitación con forme decrece altitudinalmente.

El comportamiento de la humedad es decreciente con forme se disminuye altitudinalmente y el gradiente entre las estaciones de Zhurucay oscila entre 7.4 mientras que el gradiente entre Zhurucay Base y San Fernando es 2.3.

La humedad en Zhurucay principal tiene similitud solo si se comparan los dos últimos años en donde los meses de octubre a diciembre presentan las humedades más bajas, ya que el primer año de datos presenta humedades altas y bajas intercaladas. En Zhurucay Base la humedad presenta mucha similitud al comparar año a año los meses de datos teniendo un comportamiento bimodal muy parecido al comportamiento de la precipitación en donde los meses de junio a agosto se dan las humedades más bajas. En San Fernando se tiene similitud al comparar los meses de los años de datos y se nota con mayor claridad la influencia de la precipitación dándose de junio a septiembre una clara disminución de la humedad.

Se tiene un incremento de la humedad con forme han pasado los años, este incremento se da de mayo a octubre mientras que el resto de meses presentan una disminución de la humedad. Analizando la humedad de las tres estaciones se puede concluir que su comportamiento va teniendo menos influencia de la precipitación a mayor altitud.



El comportamiento de la velocidad es decreciente con forme se disminuye altitudinal mente y el gradiente entre las estaciones de Zhurucay oscila entre 1.3 mientras que el gradiente entre Zhurucay Base y San Fernando es 2.45.

La velocidad en Zhurucay Principal y base tiene mucha correspondencia mes a mes en los años de datos teniendo una gran influencia por la precipitación en donde los meses de junio a septiembre que son secos tienen velocidades altas. En San Fernando no hay un patrón definido en los dos años ya que en el último año la velocidad casi fue la misma durante todos los meses mientras que en el primer año hay un pequeño incremento de la velocidad en agosto y septiembre.

En San Fernando la velocidad ha disminuido con forme pasa los años en casi todos los meses mientras que en las estaciones de Zhurucay el segundo año de datos presenta las velocidades más altas, ya que el último año tiene velocidades más bajas que el segundo pero más altas que el primer año. Analizando la velocidad de las tres estaciones se tiene que su comportamiento va teniendo menos influencia de la precipitación con forme se disminuye altitudinal mente.

El comportamiento de la radiación entre las estaciones de Zhurucay es variada ya que sus radiaciones son muy similares y no muestran cuál de las dos tiene mayor radiación, estas poseen mayor radiación que San Fernando.

La radiación en Zhurucay Principal tiene un patrón de comportamiento ascendente durante los meses del año siendo muy similares los meses del año de estudio llegando a obtener las radiaciones máximas de octubre a diciembre. El comportamiento de la radiación en Zhurucay Base no tiene una similitud comparando los meses de los años de estudios sin embargo muestran radiaciones máximas de octubre a diciembre. La radiación en San Fernando es muy variada en los dos años de estudio ya que el primer año las radiaciones máximas se da en marzo y abril y desciende el resto de meses mientras que en el segundo año el comportamiento es ascendente empezando en enero las radiaciones bajas y terminando en los meses de octubre a diciembre con radiaciones altas.

La radiación en San Fernando ha disminuido en el último año con excepción de octubre y noviembre mientras que en las estaciones de Zhurucay no hay un patrón lógico de incremento o decremento de radiación. Analizando la radiación de las tres estaciones tenemos que su comportamiento está influenciado por la precipitación sin depender de la altitud que tenga la estación.



CAPITULO 5. BIBLIOGRAFIA

Buytaert, W., J. Sevink, B.D. Leeuw, J. Deckers, 2005. Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian paramo region. *Geoderma*, 127, 114-129.

Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R., 2006a. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science*, pp. 79, 53-72.

Castañeda, M. E., & Ratto, N. (2009). Analysis of some meteorological variables Recorded at 4000 m in the argentinean subtropical andean region. *Atmosfera*.

Célleri, Rolando, Galo Carrillo, Mario Córdova. 2013. "Errores en la evapotranspiración de referencia de una zona de paramo andino debidos al uso de datos mensuales, diarios y horarios." "1 1* 1." 1496: 2–7.

Cordova, M., 2013. Análisis del comportamiento de la evapotranspiración de referencia (eto) en un ecosistema de páramo mediante la ecuación combinada de penman-monteith. Tesis de Ing. Civil, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.

De Bièvre, B., Iñiguez, B., & Buytaert, W., 2012. Hidrología del páramo: Importancia propiedades y vulnerabilidad. *Colombia tiene páramos*, Issue 2, pp. 93, 9-27.

Diaz-Granados, M., Navarrete, J., & Suárez, T., 2005. Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingenieria*, pp. 64-75.

Garreaud, R., Vuille, M., & Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: Observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 5–22. doi:10.1016/S0031-0182(03)00269-4.

Hardy, D. R., Vuille, M., Braun, G., Keimig, F., & Bradley, R. S. (1998). Annual and Daily Meteorological Cycles at High Altitude on a Tropical Mountain. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 1899–1913. doi:10.1175/1520-0477(1998)079<1899:AADMCA>2.0.CO;2.



Hellström, R. Å., & Mark, B. G. (2006). An embedded sensor network for measuring hydrometeorological variability within an alpine valley. Proceedings of the 63rd Eastern Snow Conference, 263–179. Retrieved from http://www.easternsnow.org/proceedings/2006/hellstrom_and_mark.pdf.

Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P., 2003. Los páramos del mundo. Quito: Proyecto Atlas Mundial de los Páramos.

Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. 2009. Atlas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.

Li, Yi., Robert, Horton., Tusheng, Ren., Chunyan, Chen., 2009. Investigating Time-Scale Effects on Reference Evapotranspiration from Epan Data in North China. Journal of Applied Meteorology and Climatology., 49(5), 867–878.

Mosquera, G., Lazo, P., Cárdenas, I., & Crespo, P., 2012. Identificación de las principales fuentes de agua que aportan a la generación de escorrentía en zonas Andinas de páramo húmedo: mediante el uso de los isótopos estables deuterio y oxígeno-18. Maskana, 3(2), pp. 87-105.

Mosquera, Giovanny, Patricio Lazo, Irene Cárdenas, and Patricio Crespo. 2013. “Identificación de Las Principales Fuentes de Agua Que Aportan a La Generación de Escorrentía En Zonas Andinas de Páramo Húmedo : Mediante El Uso de Los Isótopos Estables Deuterio ($\Delta 2 H$) Y Oxígeno- 18 ($\Delta 18 O$).” Maskana 3(2): 87–105.

Padrón, R., 2013. Análisis de la estructura de lluvia de páramo. Tesis de Ing. Civil, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.



Universidad de Cuenca

Stöckle, Claudio.,Kjelgaard, Jim., Bellocchi, Gianni., 2004. Evaluation of Estimated Weather Data for Calculating Penman-Monteith Reference Crop Evapotranspiration. *Irrigation Science.*, 23(1), 39–46.

Vuille, M., R.S. Bradley, F. Keimig, 2000. Interannual climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atlantic forcing. *J. Geophys. Res-Atmos.*, 105(D10), 12447-12460.



ANEXOS

Anexo 1: Tablas de Promedio

ZHURUCAY PRINCIPAL												
Promedios Mensuales												
Meses	Marzo2011-Febrero2012				Marzo2012-Febrero2013				Marzo2013-Febrero2014			
	Temp	Hum	Vel	Rad	Temp	Hum	Vel	Rad	Temp	Hum	Vel	Rad
Marzo	6.19	83.86	3.14	0.374	6.31	96.38	3.67	0.281	7.15	94.08	3.19	0.279
Abril	6.18	94.61	2.34	0.256	6.55	91.49	2.77	0.304	6.84	94.01	3.63	0.261
Mayo	6.02	87.76	3.82	0.261	5.66	95.41	4.07	0.250	6.75	94.65	3.02	0.285
Junio	5.94	93.22	4.38	0.275	5.46	93.15	4.48	0.289	5.27	96.27	4.54	0.229
Julio	4.78	95.59	4.58	0.224	4.83	92.95	4.90	0.256	3.97	96.34	5.47	0.321
Agosto	5.21	90.78	5.02	0.327	4.57	88.82	4.81	0.322	4.62	95.30	4.15	0.305
Sept.	4.93	95.24	4.28	0.236	5.02	89.85	5.08	0.316	4.98	92.57	4.63	0.288
Octubre	6.18	81.57	2.87	0.383	6.30	92.00	3.09	0.298	6.09	93.64	3.27	0.323
Nov.	6.74	82.28	2.57	0.364	7.07	92.00	2.47	0.332	6.40	85.43	2.96	0.413
Dic.	6.47	94.40	2.84	0.274	6.86	83.53	3.49	0.379	6.54	92.61	3.24	0.335
Enero	6.53	94.93	2.54	0.300	6.99	94.93	4.16	0.282	6.35	94.85	3.36	0.274
Febrero	6.02	95.31	2.42	0.261	6.73	95.28	2.92	0.254	6.75	94.80	2.99	0.236
Promedios Horarios												
Maximo	10.21	99.12	6.14	0.712	10.41	99.59	5.99	0.677	10.67	99.90	6.32	0.763
Minimo	3.08	70.05	1.47	0.000	2.45	73.66	1.58	0.000	2.24	69.11	1.93	0.000
Promedio Anual												
	5.93	90.80	3.40	0.295	6.03	92.15	3.82	0.297	5.98	93.71	3.70	0.296



ZHURUCAY BASE												
Promedios mensuales												
Meses	Marzo2011-Febrero2012				Marzo2012-Febrero2013				Marzo2013-Febrero2014			
	Temp	Hum	Vel	Rad	Temp	Hum	Vel	Rad	Temp	Hum	Vel	Rad
Marzo	8.67	87.47	1.45	0.320	9.72	88.75	1.16	0.307	10.05	89.98	1.98	0.293
Abril	9.24	91.69	1.38	0.227	9.42	90.85	1.57	0.293	10.10	81.78	2.46	0.331
Mayo	9.13	84.72	1.90	0.277	9.39	85.35	3.14	0.300	9.79	88.81	1.88	0.275
Junio	9.31	86.04	0.00	0.290	9.26	82.13	3.67	0.342	9.42	84.12	3.47	0.300
Julio	8.32	86.47	0.00	0.262	8.83	79.38	4.13	0.316	8.16	84.04	3.94	0.262
Agosto	8.99	79.06	2.43	0.357	8.73	74.42	3.88	0.353	8.50	84.49	3.06	0.271
Sept.	8.81	82.90	1.56	0.302	9.04	75.52	2.87	0.259	9.17	78.60	3.70	0.331
Octubre	8.72	82.50	0.00	0.347	9.26	87.38	1.33	0.214	9.43	87.51	2.16	0.306
Nov.	9.50	81.93	0.00	0.354	9.70	89.82	1.29	0.311	9.36	82.63	1.55	0.378
Dic.	9.31	92.81	0.00	0.258	9.17	83.46	1.92	0.351	9.72	88.83	1.89	0.307
Enero	9.10	96.04	0.00	0.241	10.08	88.84	2.82	0.303	9.72	90.80	1.92	0.276
Febrero	8.79	95.04	0.63	0.237	9.54	92.36	1.87	0.259	9.81	92.28	1.56	0.267
Promedios Horarios												
Maximos	12.77	99.58	3.16	0.706	12.96	99.29	5.05	0.691	13.11	97.38	4.81	0.683
Minimos	6.57	70.66	0.37	0.000	6.91	65.22	0.49	0.000	6.84	71.29	0.97	0.000
Promedio Anual												
	8.99	87.22	1.56	0.289	9.35	84.85	2.47	0.301	9.44	86.16	2.46	0.300



SAN FERNANDO

Promedios mensuales

Meses	Marzo2012-Febrero2013				Marzo2013-Febrero2014			
	Temp	Hum	Vel	Rad	Temp	Hum	Vel	Rad
Marzo	12.75	85.26	0.97	0.288	12.83	91.96	0.79	0.190
Abril	12.00	91.24	0.79	0.271	13.09	83.13	0.90	0.205
Mayo	12.47	82.00	0.94	0.247	12.30	91.00	0.79	0.169
Junio	12.59	75.34	1.06	0.277	12.60	80.02	0.79	0.184
Julio	12.58	67.74	0.94	0.241	11.89	75.70	0.79	0.172
Agosto	12.23	64.18	1.24	0.241	11.87	77.64	0.76	0.180
Septiembre	12.88	63.59	1.27	0.269	12.49	73.29	0.86	0.230
Octubre	12.07	85.16	0.94	0.208	12.22	85.95	0.90	0.222
Noviembre	11.92	93.10	0.88	0.209	11.76	82.39	0.93	0.281
Diciembre	11.70	88.18	0.97	0.239	12.32	89.44	0.84	0.220
Enero	12.94	89.07	0.98	0.200	12.25	93.63	0.81	0.191
Febrero	12.49	93.61	0.81	0.178	12.16	95.25	0.75	0.188

Promedios Horarios

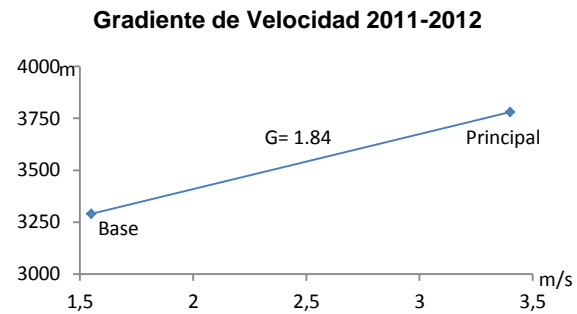
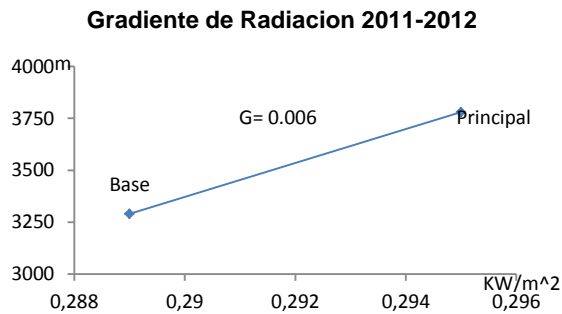
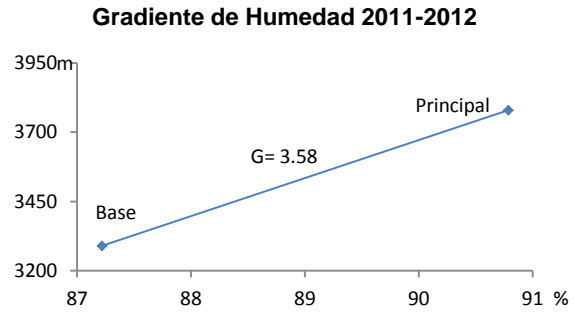
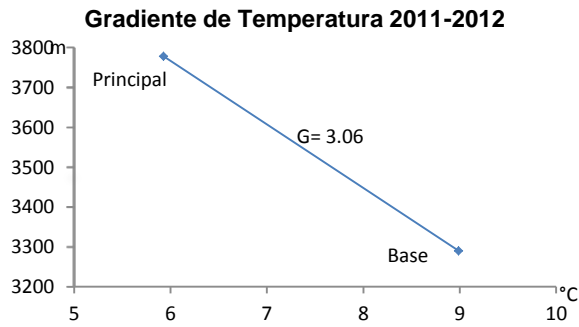
Maximo	16.9	99.95	2.02	0.604	17.2	99.98	1.83	0.529
Minimo	8.5	50.17	0.33	0.000	8.3	59.00	0.31	0.000

Promedio Anual

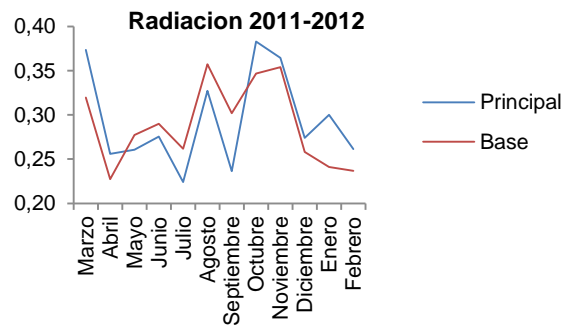
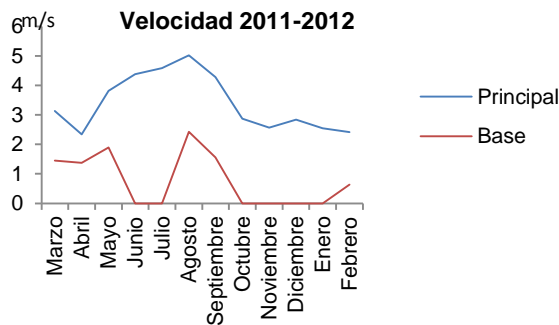
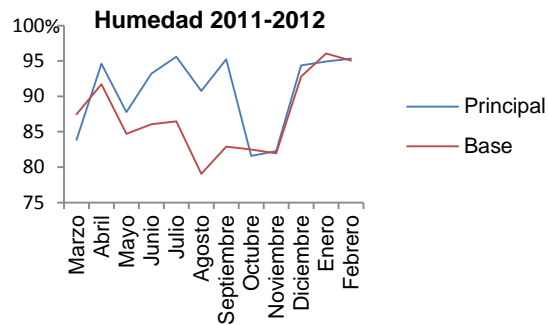
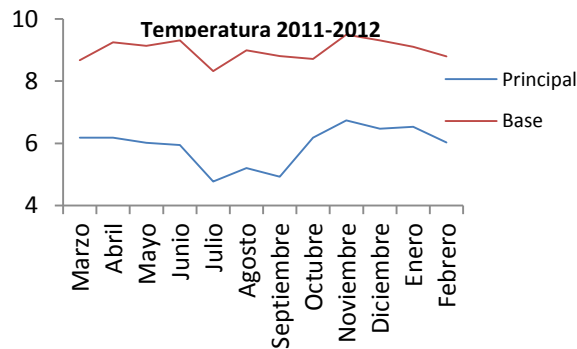
	12.38	81.54	0.98	0.239	12.31	84.95	0.82	0.203
--	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------



Anexo 2: Gradientes de temperatura, humedad, radiación y velocidad.



Anexo 3: Temperatura, Humedad, Radiación y Velocidad promedio horario mensual.

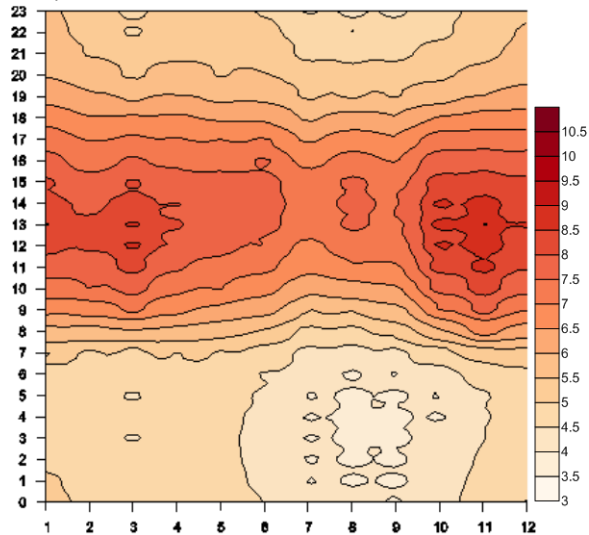




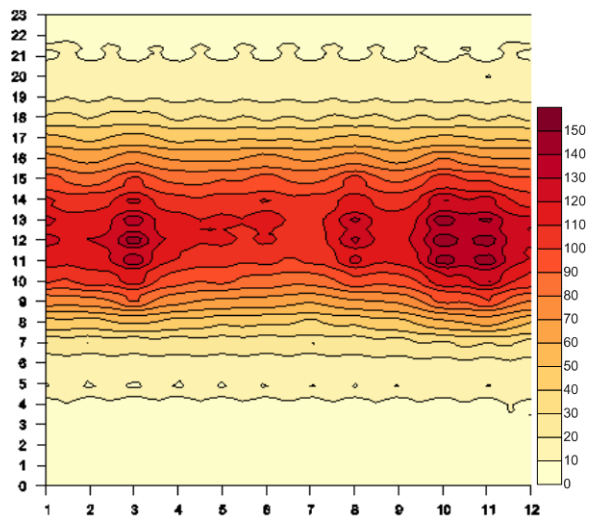
Anexo 4: Graficas de contorno de Zhurucay Principal, Base y San Fernando

- Zhurucay Principal

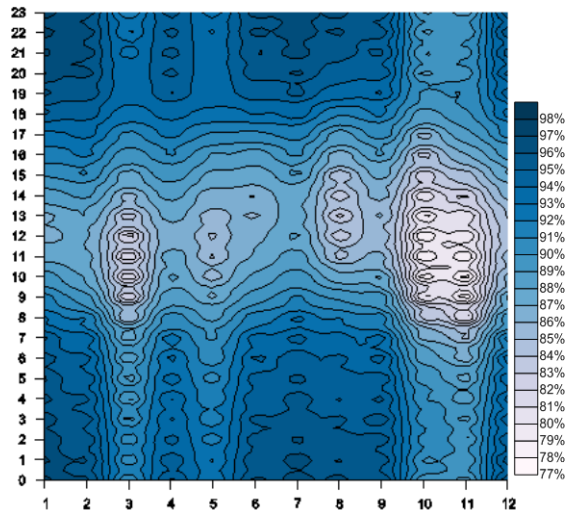
Temperatura horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012



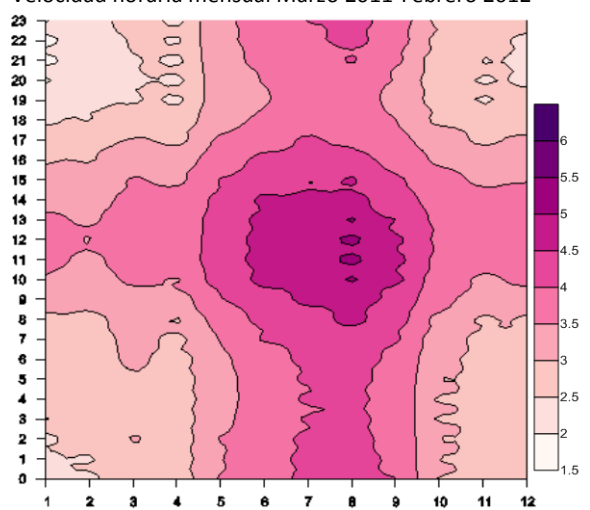
Radiación horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012



Humedad horario mensual Marzo 2011-Febrero 2012



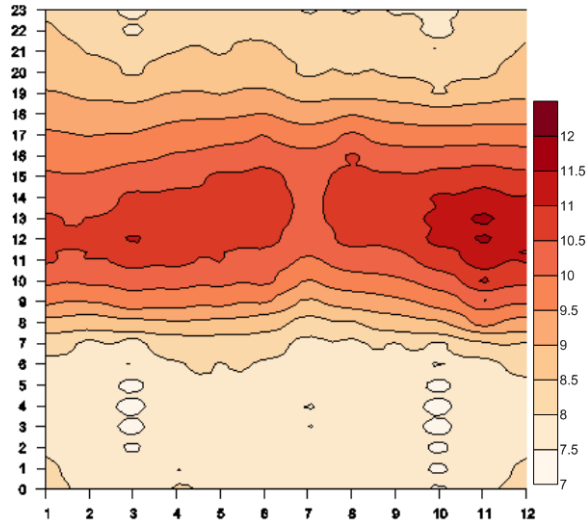
Velocidad horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012



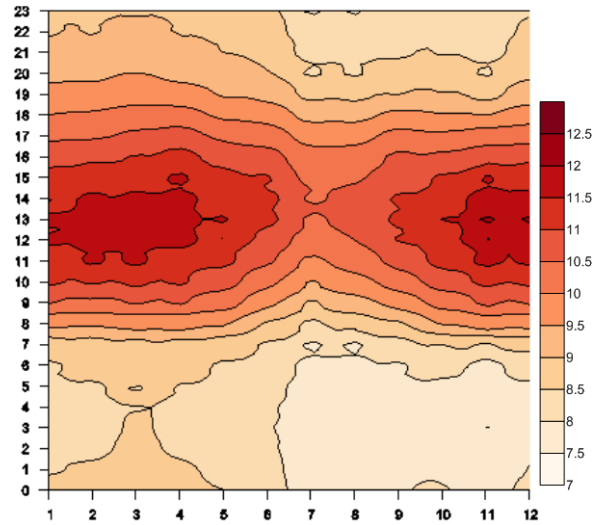


- Zhurucay Base

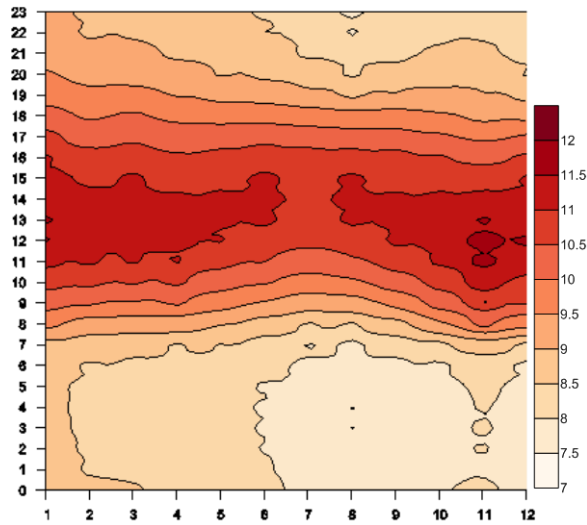
Temperatura horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012



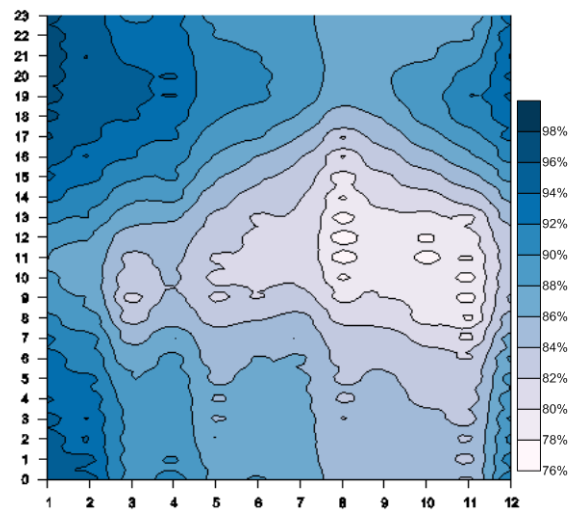
Temperatura horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014



Temperatura horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013

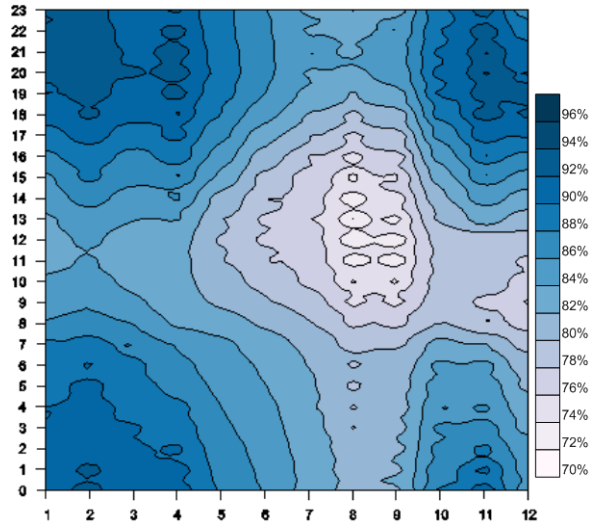


Humedad horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012

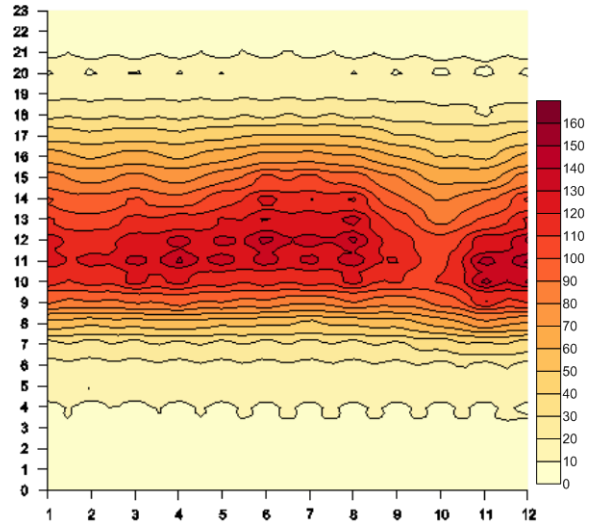




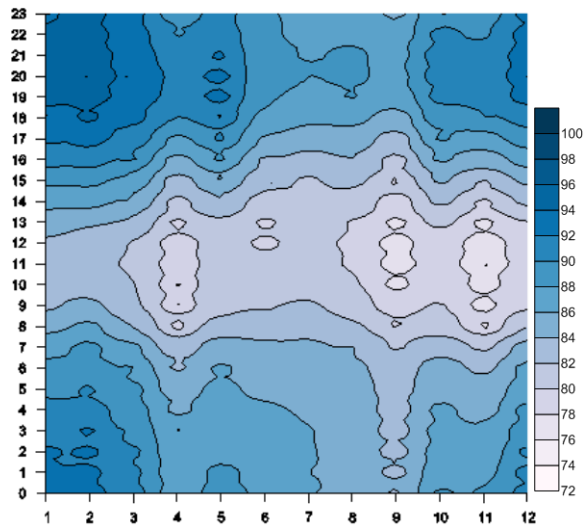
Humedad horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013



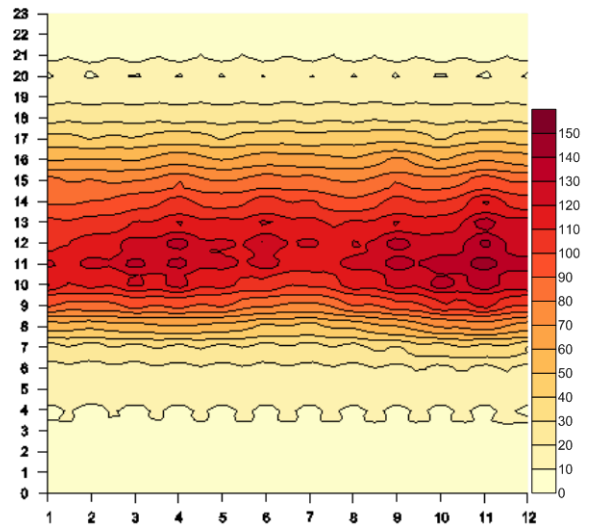
Radiación horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013



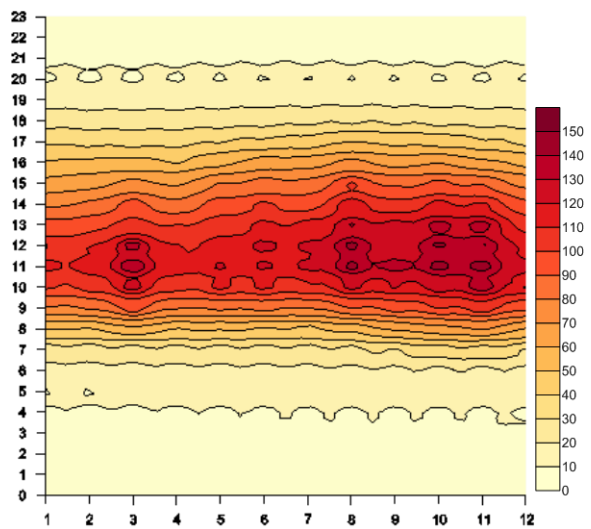
Humedad horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014



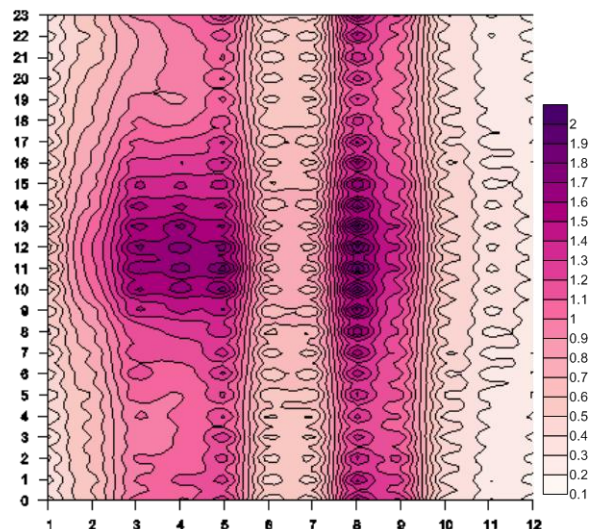
Radiación horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014



Radiación horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012

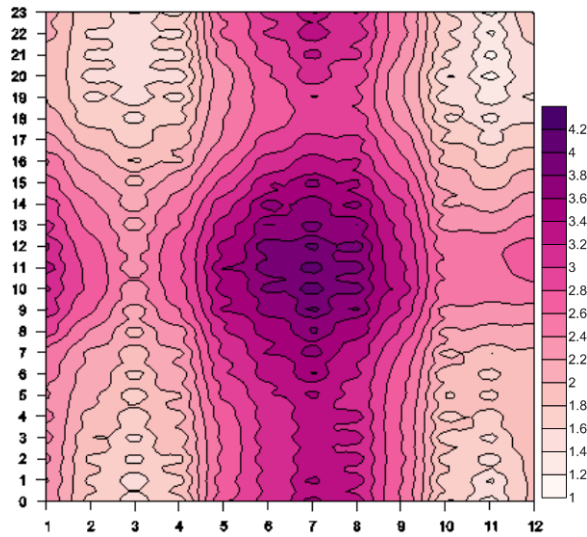


Velocidad horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012

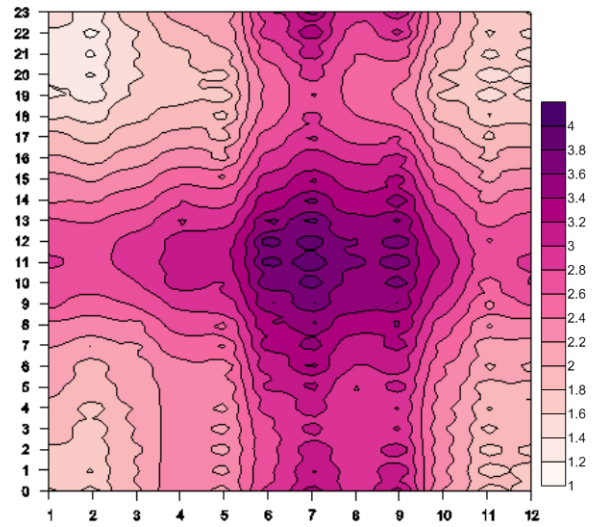




Velocidad horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012

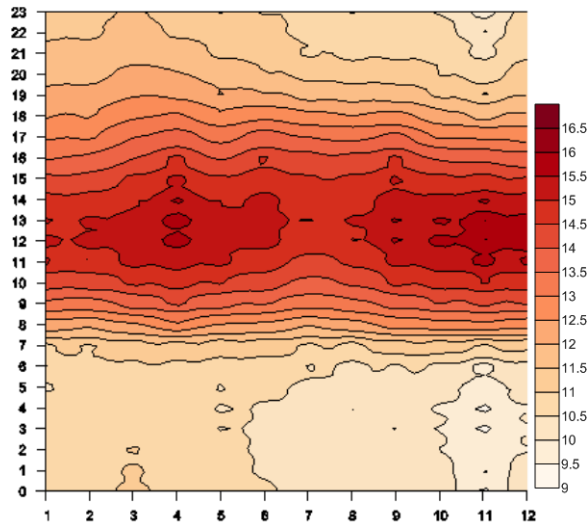


Velocidad horaria mensual Marzo 2011-Febrero 2012

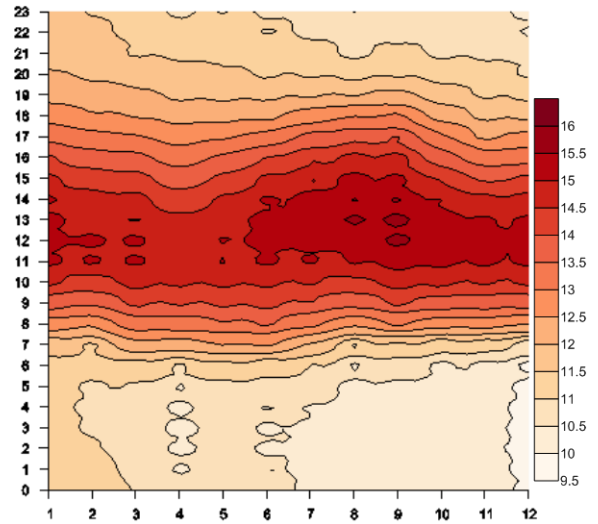


- San Fernando

Temperatura horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013

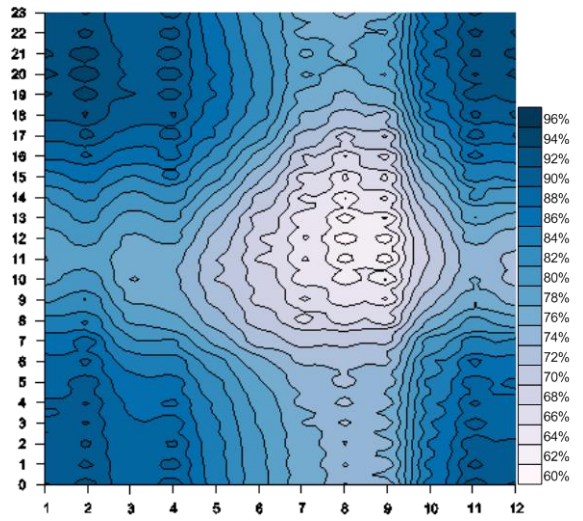


Temperatura horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014

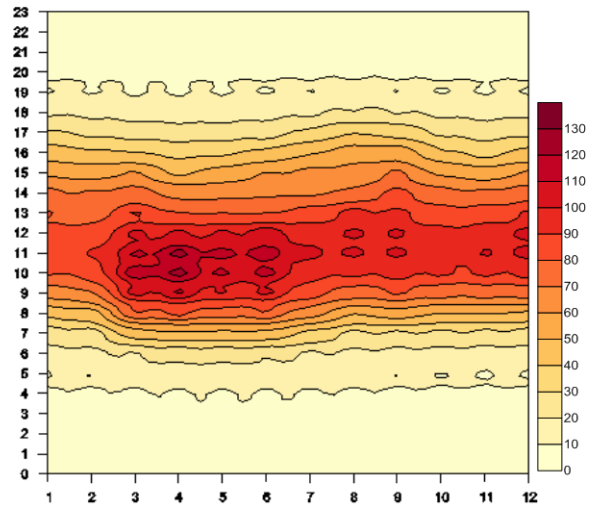




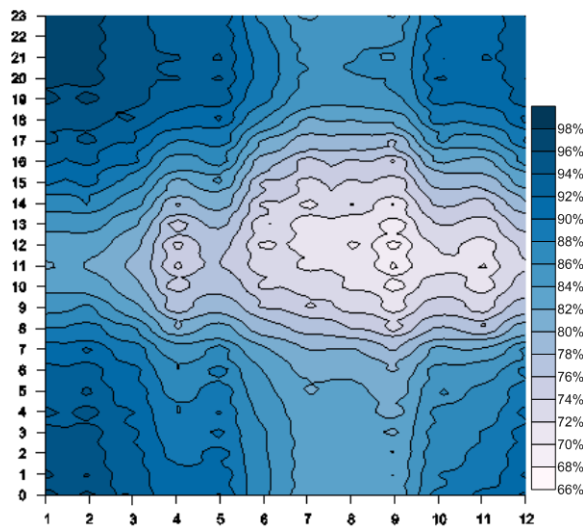
Humedad horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013



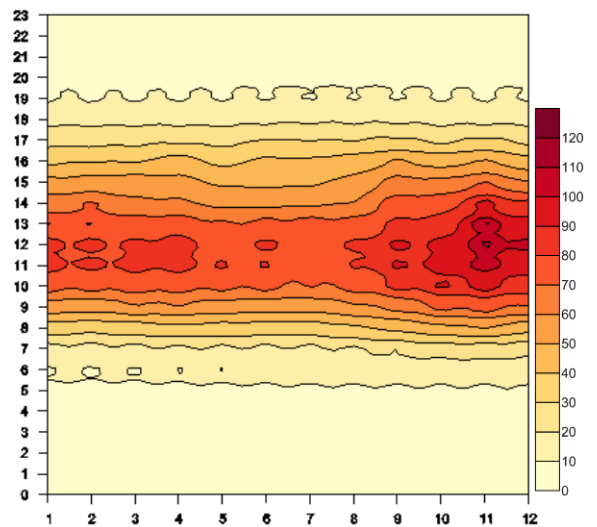
Radiación horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013



Humedad horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014

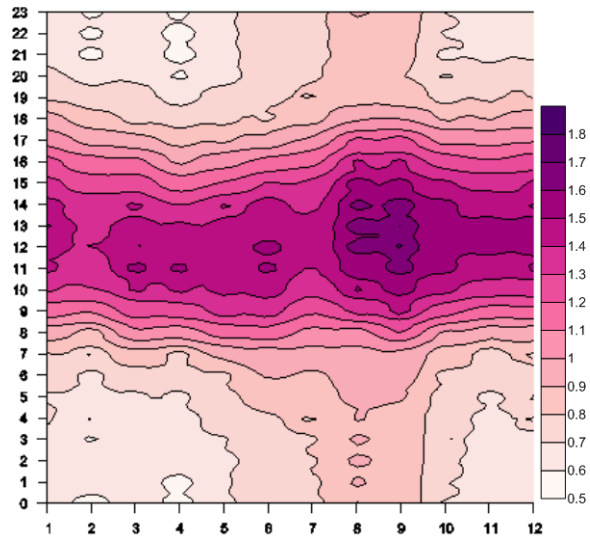


Radiación horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014





Velocidad horaria mensual Marzo 2012-Febrero 2013



Velocidad horaria mensual Marzo 2013-Febrero 2014

