

RESUMEN

En el campo de las investigaciones medio ambientales, la información observada, producida y estimada de la precipitación, temperatura, vientos y humedad, es muchas veces escasa o inadecuadamente procesada, lo que acarrea errores de apreciación y aproximación del cálculo técnico – económico, provocando la sobre o sub estimación del potencial climático de una región. El presente trabajo pretende recopilar, controlar y sistematizar en forma técnica, analítica y metodológica la información termopluiométrica, de vientos y humedad del Bosque Chiquitano y sus alrededores, y con ello diagnosticar su potencial climático.

Se identificó un gradiente de precipitación de NE (1300 mm/año) hacia SO (1000 mm/año), siendo similar la distribución en la época lluviosa (Octubre a Abril); en tanto, que para el período menos lluvioso (Mayo - Septiembre) el gradiente se invierte de SO a NE. En la temperatura media la gradiente tiene dos direcciones, siendo la más importante la dirección de SE (25.5 °C) hacia NO (24 °C), teniéndose similar distribución en la época lluviosa y la época de pocas lluvias.

Todo el área de estudio posee un mismo régimen termo – pluviométrico de septiembre a abril los máximos, y de junio a agosto los mínimos. Los vientos se caracterizan por tener una predominancia desde el Norte a Noroeste hacia el Sur a Sudeste, tanto en superficie como en altura. La humedad relativa tiene el mismo régimen Monomodal que la lluvia (diferenciada con uno o dos meses), con máximos en el mes de Marzo y mínimos en Septiembre. Es necesario establecer estaciones meteorológicas dentro el Bosque.

El Bosque Chiquitano tiene un clima tropical subhúmedo cálido, con un período lluvioso en el verano y seco en el invierno, de poca variabilidad térmica media anual.

Palabras Claves: Bosque Chiquitano, precipitación pluvial, temperatura del aire, vientos de altura y superficie, humedad relativa, diagnóstico y caracterización climática.

	RESUMEN	
1.	ANTECEDENTES	1
2.	OBJETIVO	2
3.	GENERALIDADES	2
4.	CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA	3
4.1.	LAS MASAS DE AIRE SOBRE AMERICA DEL SUR	3
4.2.	VARIABILIDAD DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA	7
4.2.1.	El Fenómeno El Niño	7
4.2.2.	El Niño en Bolivia	9
4.2.3.	Hipótesis sobre la Influencia de El Niño en Bolivia	10
5.	DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO	12
5.1.	PRECIPITACIÓN PLUVIAL	12
5.1.1.	Introducción	12
5.1.2.	Análisis de Consistencia y Homogeneidad de la Información	12
5.1.2.a.	Recopilación de la Información	12
5.1.2.b.	Control de Calidad	14
5.1.3.	Determinación del Período de Análisis	15
5.1.4.	Selección de Estaciones	17
5.1.4.a.	Estaciones Base	17
5.1.4.b.	Estaciones Complementarias	19
5.1.4.c.	Estaciones de Referencia	20
5.1.5.	Régimen Mensual	20
5.1.6.	Distribución Espacial de la Precipitación	22
5.1.6.a.	Distribución Anual	25
5.1.6.b.	Distribución en el Período Húmedo	29
5.1.6.c.	Distribución en el Período Seco	31

5.2.	TEMPERATURA DEL AIRE	33
5.2.1.	Introducción	33
5.2.2.	Selección de Estaciones Termométricas	34
5.2.3.	Régimen Mensual de la Temperatura	36
5.2.4.	Distribución Espacial de la Temperatura	38
5.2.4.a.	Distribución Anual	40
5.2.4.b.	Distribución en el Período Húmedo	41
5.2.4.c.	Distribución en el Período Seco	41
5.3.	VIENTOS	44
5.3.1.	Introducción	44
5.3.2.	Régimen de Vientos en Superficie	44
5.3.2.a.	Por Frecuencia en Tanto Por ciento Mensual	45
5.3.2.b.	Por Porcentaje Anual o Promedio Anual	49
5.3.2.c.	Distribución Espacial del Promedio Anual	51
5.3.3.	Vientos en Altura	52
5.3.3.a.	Fuente de Información	53
5.3.3.b.	Vientos Promedios sobre Roboré	54
5.3.3.c.	Viento Meridional (V)	57
5.3.3.d.	Viento Zonal (U)	58
5.4.	HUMEDAD AMBIENTAL	60
5.4.1.	Introducción	60
5.4.2.	Régimen Mensual y Anual	61
6.	CHARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	64
6.1.	ANTECEDENTES	64
6.2.	CLIMA DEL BOSQUE CHIQUITANO	64
7.	CONCLUSIONES	70
8.	RECOMENDACIONES	74
9.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	76
	ANEXOS	78

1. ANTECEDENTES

Cuando se habla de Bolivia en el exterior, en el mejor de los casos se tiene la idea de un país montañoso y altiplánico. Si bien esta imagen podría ser valedera para la parte occidental del país que está afectada por la presencia de la formidable Cordillera de los Andes, no es cierta para la región oriental, donde predominan las llanuras tropicales y cuya extensión corresponde a cerca de **dos terceras partes** del territorio nacional. Ésta última es la **Bolivia desconocida**, la de los majestuosos ríos navegables, la de las selvas impenetrables, la de las praderas infinitas, donde pueden pastar millones de vacunos, y la de los grandes cultivos tropicales (caña de azúcar, algodón, arroz, oleaginosas, cítricos, etc.).

En esta Bolivia desconocida para propios y extraños, se encuentra un hábitat importante que por sus características propias, y por el endemismo que encierra en él para muchas especies animales y vegetales, hace necesario su estudio con el fin de buscar su preservación y conservación, para con ello ajustar políticas ambientales que den protección a esta región, estamos refiriéndonos al Bosque Chiquitano la que se encuentra en la región este del Departamento de Santa Cruz, y abarca las Provincias Ñuflo de Chávez, Velasco, Sandoval y el norte de Chiquitos. La altitud varía desde 300 a 1200 msnm en la Serranía de Santiago, una meseta de areniscas situada 50 km. al sur del Escudo Precámbrico. El clima es subhúmedo con 3-5 meses secos y una precipitación promedio anual entre 1000 y 1500 mm; la temperatura promedio anual es de 23 °C. (Killeen et. al. 1990; Saldías, M. 1991).

Esta Reserva Forestal de Inmovilización de la Chiquitania fue creada en 1977, con el fin de protección de los recursos florísticos y riquezas boscosas, hasta que se realicen los estudios para determinar su potencial.

Dentro las políticas ambientales, sobre sale la referente al estudio e investigación de los recursos de un hábitat. Y un recurso importante para la vida es el aire o atmósfera, su variabilidad y dinámica, la que requiere de observaciones, mediciones y registros de los

elementos físicos principales de la atmósfera próxima a la superficie terrestre; vale decir, precipitación, temperatura, humedad ambiental, presión barométrica, vientos (dirección y velocidad), etc. De estos elementos, los más importantes para el estudio y análisis del hábitat de los seres vivos, es la precipitación y temperatura. Dichas mediciones, forman parte del diagnóstico del potencial abiótico de la región. Si no se disponen de datos cuantitativos, las actividades de investigación, planificación y ejecución de sistemas de conservación no podrán satisfacer plenamente su función de acuerdo a un objetivo tan fundamental como es la de mejorar los niveles de vida de los seres, bajo conceptos claros de sostenibilidad y desarrollo.

Por ello, el presente trabajo más allá de realizar una clasificación climática, pretende obtener una estimación confiable de las condiciones pluviales y térmicas normales a nivel: i) anual, ii) período seco (mayo a octubre) y iii) período húmedo (noviembre a abril); además de una referencia descriptiva de la humedad ambiental y los vientos sobre el Bosque Chiquitano, actualizando la información de las estaciones a un período de 15 años (1986 - 2000).

2. OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objetivo principal realizar un Diagnóstico Climático de la región que abarca el Bosque Chiquitano y sus alrededores, considerando para ello la descripción y mapeo de la Precipitación Pluvial y Temperatura Media, además de un análisis descriptivo de la humedad ambiental y vientos sobre la región.

3. GENERALIDADES

Por la inclinación de la tierra respecto del norte astronómico, el área en estudio con relación al sol, permite hacer una primera definición absoluta y astral del clima; es decir, una clasificación climática de carácter Tropical (entre el Ecuador y el Trópico de Capricornio), la que se funda en las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de la zona de estudio.

Es evidente que la situación y configuración geográfica por si solos no determinan el clima de una región, por lo que es necesario además, tener en cuenta el comportamiento de la atmósfera y la circulación de las masas de aire por encima de la región para comprender mejor la variación temporal y espacial de los distintos parámetros climáticos.

Es en este sentido que, el presente estudio climático se ha iniciado con un análisis de la circulación atmosférica: la Oscilación del Anticiclón del Pacífico (ACP), del Anticiclón del Atlántico (ACA), de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), masas de aire frío de origen polar, etc., para luego continuar en los acápite siguientes, con el estudio analítico y descriptivo de las distintas variables climáticas: precipitación, temperatura, vientos y humedad; sobre la base de los datos registrados en las estaciones meteorológicas operantes en el área de estudio.

4. CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA

4.1. LAS MASAS DE AIRE SOBRE AMERICA DEL SUR

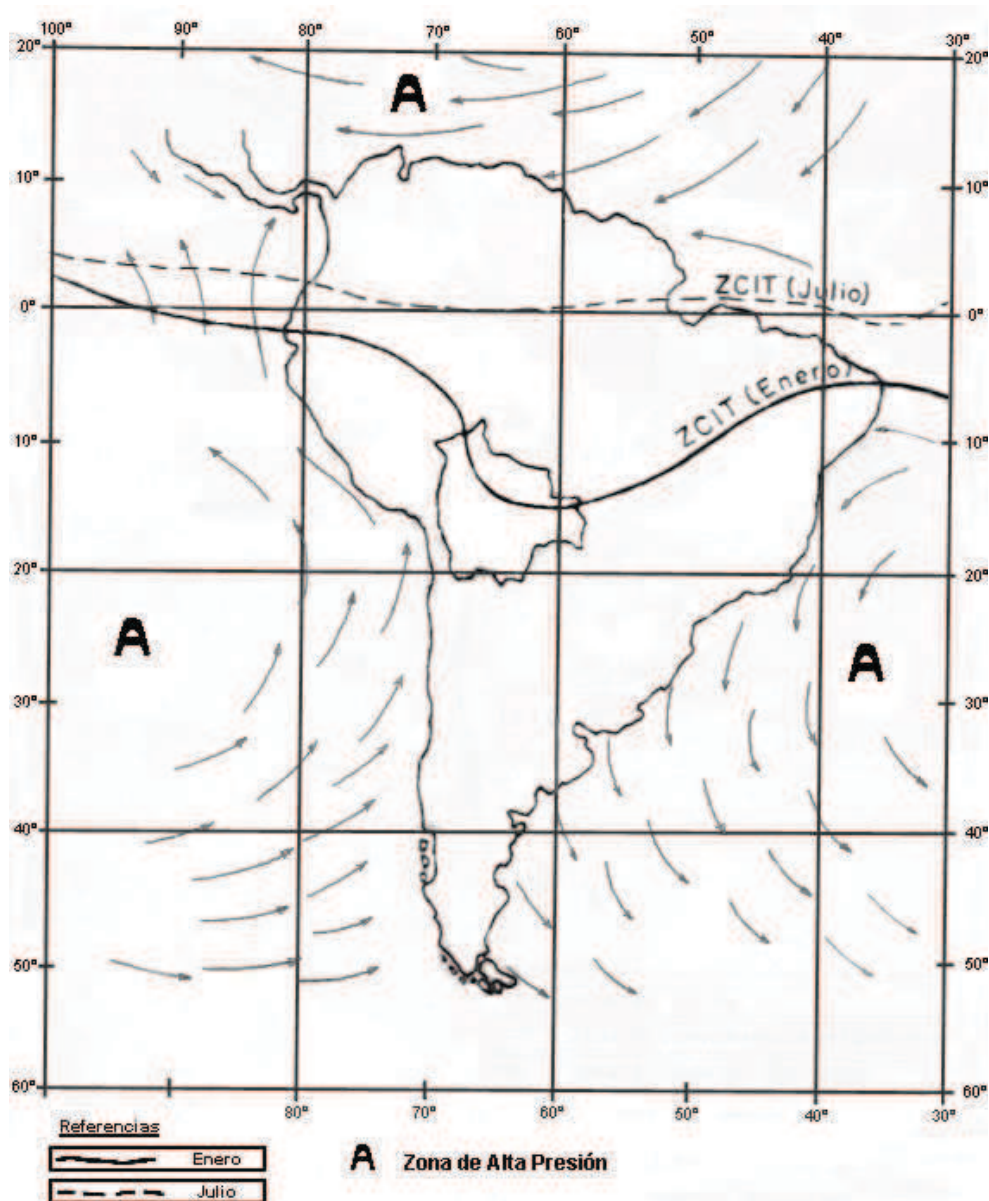
La circulación general de la atmósfera en el continente, básicamente está determinada por los tres sistemas semipermanentes de alta presión que lo rodean (Figura N° 1): las del Atlántico y Pacífico Sur, con una circulación anticiclónica (contraria a las agujas del reloj), la alta del Atlántico Norte con una circulación también anticiclónica (mismo sentido de las agujas del reloj) y por una zona de depresión denominada Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) que está situada entre los dos núcleos de alta presión.

La ZCIT desplaza su posición aparente respecto del sol durante el transcurso del año, colocándose más o menos en el lugar donde se recibe más radiación solar.

La diferencia de presión entre los sistemas de alta presión y la ZCIT, produce un movimiento superficial de aire desde los trópicos hacia el Ecuador. El movimiento de

rotación de la tierra, desvía este flujo hacia la izquierda y da origen a los vientos Alisios que soplan del sector Sur - Este en nuestro Continente.

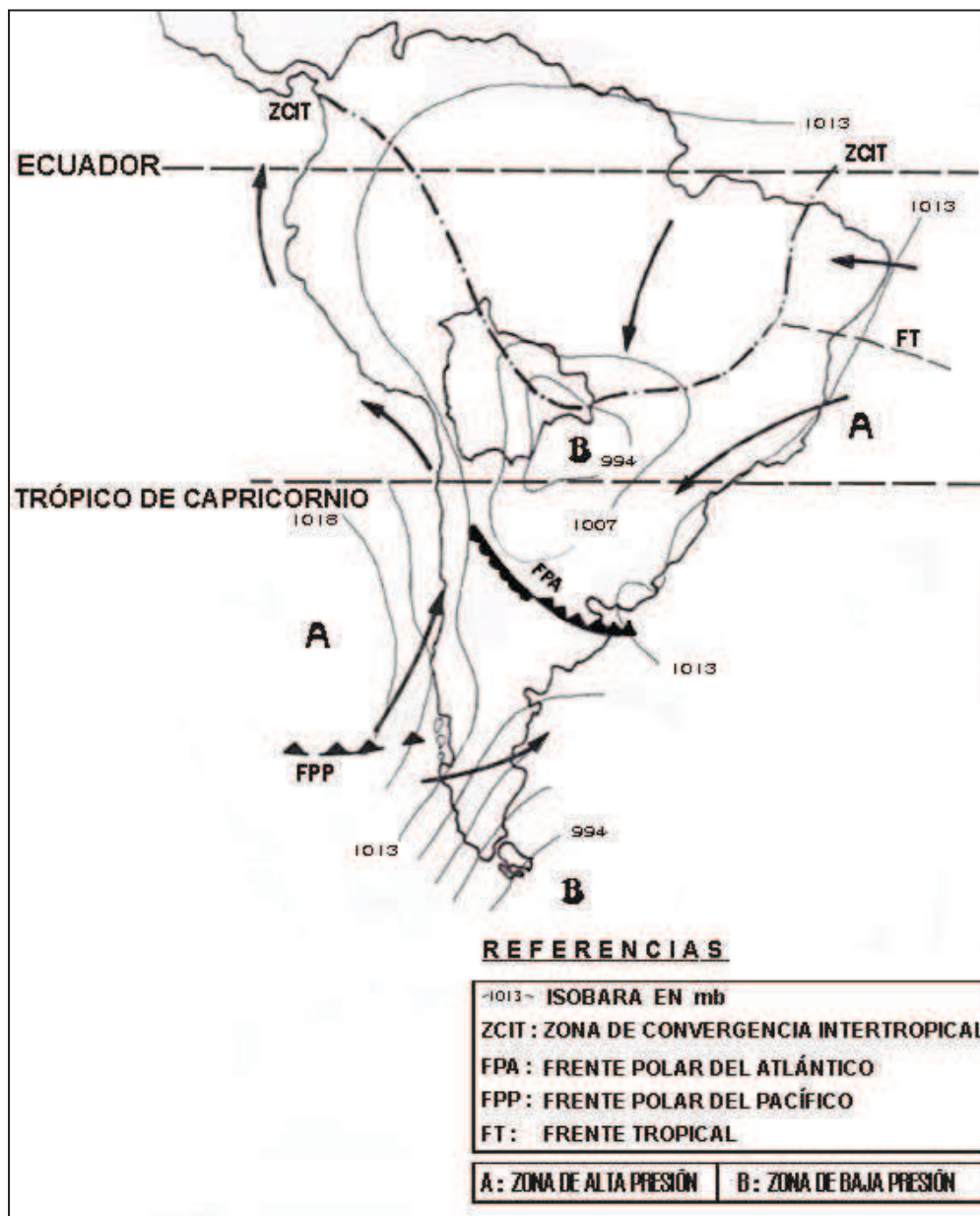
Figura N° 1. Posición Media de la ZCIT en Enero y Julio



Durante los meses del verano austral (Figura N° 2), los anticiclones semipermanentes situados en los océanos, canalizan la circulación de masas de aire al centro del continente y el extremo sur es influenciado por la zona de baja presión circumpolar.

Debido al fuerte calentamiento terrestre, se produce una depresión térmica, que obliga a la ZCIT a descender aproximadamente hasta el paralelo 15° Lat. Sud a lo largo de los 60° Long. W. Esta situación provoca fuertes movimientos convectivos, y añadiendo la fuerte humedad producida por la Amazonía, da como resultado la formación de grandes cúmulos y cumulonimbos sobre la región oriental. En consecuencia llueve en todo el sistema.

Figura N° 2. Circulación de las Masas de Aire en América del Sur (Verano)



Durante el invierno del Hemisferio Sur, la ZCIT se desplaza hacia el norte (Figura N° 3); es decir que llueve al norte del Ecuador y se produce la estación seca en gran parte de Sudamérica.

En el hemisferio sur, los dos anticiclones están mucho más desarrollados y crean un fuerte gradiente de presión en el continente, produciéndose fuertes vientos del sur, en particular a lo largo de la costa del pacífico.

Figura N° 3. Circulación de las Masas de Aire en América del Sur (Invierno)



Al final de la estación de invierno, el frente polar antártico inicia su repliegue hacia el sur de la Argentina, mientras que el ciclón Ecuatorial avanza hacia el centro del Continente llevando consigo una gran masa de aire caliente y húmedo. En estas circunstancias se inician las lluvias, las cuales alcanzan su máxima intensidad en el verano.

La circulación de la atmósfera explica el régimen anual de las lluvias, y también explica, en parte, la distribución espacial de las lluvias en la región.

La parte norte de Bolivia está más afectada por la ZCIT, y es la que recibe más lluvia, o sea se genera un gradiente en el Oriente Boliviano de Noroeste a Sudeste de precipitaciones, además de un gradiente de Oeste a Este con menos lluvias en el altiplano que en los llanos amazónicos, debido a que la cordillera oriental resguarda la zona altiplánica de los vientos húmedos, y también porque la capacidad higrométrica del altiplano (aire frío) es menor a la de los llanos (aire caliente).

4.2. VARIABILIDAD DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA

En el anterior acápite se describió el sistema climático, diremos normal sobre Sudamérica, y en particular sobre Bolivia. Pero la variabilidad de estas masas de aire es y ha sido objeto de estudio de muchos investigadores. Se sabe que la dinámica del sistema atmosférico depende de las condiciones físicas de los océanos y de los continentes. Y toda variación de estas condiciones se refleja en la circulación atmosférica global, regional y/o local. El estudio de la influencia de El Niño en la dinámica de masas de aire del hemisferio sur, es un buen ejemplo de la interacción de estos sistemas.

4.2.1. El Fenómeno El Niño

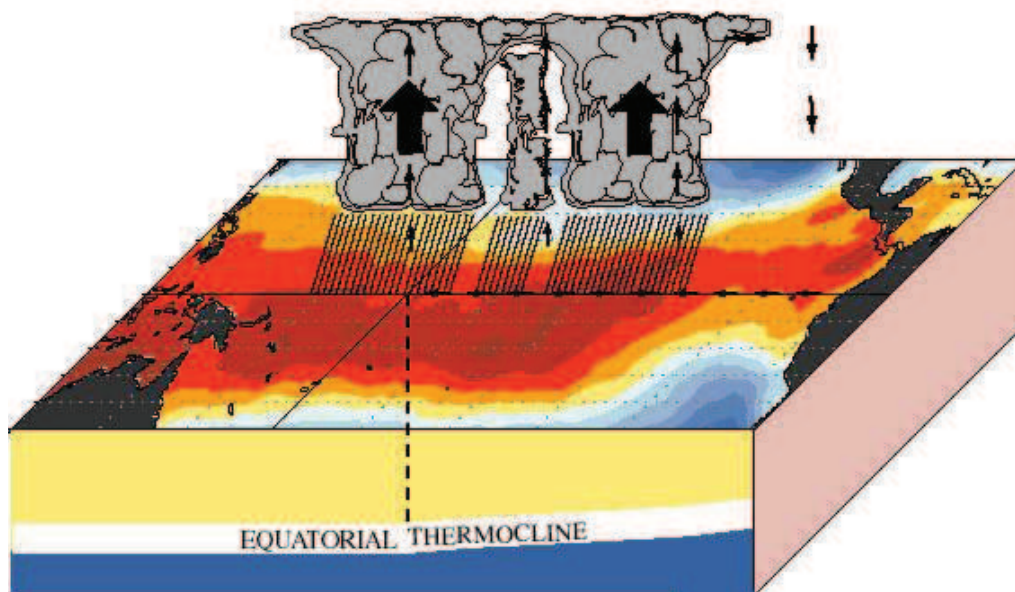
Se suele designar como "El Niño", a una extensión anormal y prolongada hacia el sur (por encima de los 2º de Latitud Sud) de una corriente marina cálida, cuyo desplazamiento anual comienza en diciembre en la época de Navidad, de ahí el nombre

de El Niño. Actualmente, se admite, que las perturbaciones en las cuales está directamente implicado este fenómeno se deben estudiar a escalas planetarias.

Esquemáticamente se tiene que, la circulación oceánica normal hace pasar las aguas cálidas tropicales del pacífico, situadas entre el Ecuador y el sur del Perú, hacia Australia (Figura N° 4).

Esta circulación de Este a Oeste produce un ascenso de las aguas frías más profundas del sur. Este largo viaje del agua está estrechamente relacionada con la circulación atmosférica, que es igualmente perturbada cuando El Niño aparece.

Figura N° 4. Condiciones Oceano-atmosféricas durante El Niño (diciembre - febrero)



Es importante notar que esta anomalía climática tiene dos dimensiones: i) la *Dimensión Oceánica*, con el estancamiento de aguas cálidas al Este del pacífico, sobre América Latina. ii) la *Dimensión Atmosférica*, con una perturbación del régimen de los alisios, los que disminuyen significativamente, y en ciertos casos hasta llegan a invertirse y establecerse en sector Occidental del Pacífico (en lugar del sudeste). Durante el episodio de El Niño el valor del Índice de Oscilación Sur (IOS) baja, por la disminución

de la presión en el anticiclón de Pascua, provocando un debilitamiento de los alisios desde el sudeste y con ello una reducción de los afloramientos submarinos que trae la corriente de Humbolt frente a las costa de Sudamérica, lo que torna a la zona sensible a un calentamiento de las aguas y, esta anomalía térmica del océano por retroacción positiva, debilita aún más el anticiclón de Pacífico Oriental. Paralelamente, la ZCIT migra hacia los 5° a 10° Lat. Sud produciendo una masa de aire ecuatorial húmeda e inestable, que ocasiona lluvias sobre los desiertos del norte Peruano.

Aún se está lejos de llegar a un consenso que explique científicamente sobre el origen del debilitamiento del anticiclón de Pascua, relajamiento repentino de los alisios del sudeste, calentamiento de las aguas frente a las costas de Sudamérica, o reducción de los afloramientos marinos. Toda esta dinámica y su predicción se complica aún más, si se busca una frecuencia de retorno de estas condiciones anómalas, las que no obedecen a ningún ritmo o período conocido, aproximándose a una frecuencia de retorno entre 2-7 años, teniéndose en su historial eventos con retorno de 15 a 25 años.

4.2.2. El Niño en Bolivia

Los episodios del fenómeno El Niño, fueron el motivo por el cual se produjeron las sequías de 1942/43 y 1982/83 en la región Andina, además de graves inundaciones durante los mismos períodos hacia el sur de Bolivia y al noreste de la Argentina.

De los pocos estudios realizados en Bolivia en el campo de la meteorología y climatología, y en especial, sobre El Niño, es que podemos extraer lo siguiente:

Los efectos más sobresalientes son: i) déficit pluviométrico en la región del altiplano, Cordillera de los Andes, los valles interandinos y el chaco boliviano. ii) relativo exceso de lluvias en la región de las llanuras orientales, sobretudo en la zona nor y nordeste del país. Vale destacar la anomalía positiva de la temperatura sobre la mayor parte del país. En tanto, a lo que se refiere la fase contraria a El Niño, o lo que muchos científicos tienen a bien designar como "La Niña", en Bolivia son críticamente escaso

los estudios realizados, limitándose estos a correlacionar los índices de La Niña con la lluvia sobre el País, mostrando como resultado preliminar una conducta normal de las lluvias sobre las diferentes regiones del país en cerca del 60% de años de ocurrencia de La Niña, así como un 30% de condiciones lluviosas sobre gran parte del altiplano y los valles y algunas regiones del oriente boliviano; y finalmente, un 10% de años cuya conducta pluvial estuvo por debajo de la normal en gran parte del territorio boliviano.

4.2.3. Hipótesis sobre la Influencia de El Niño en Bolivia

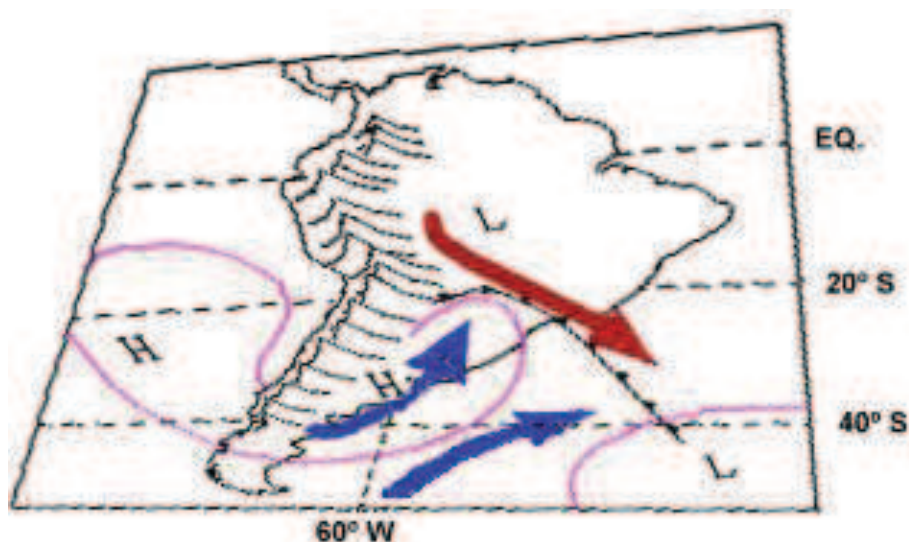
La ocurrencia de un episodio de El Niño en Bolivia desencadena una serie de alteraciones troposféricas, cuyo resultado final consiste en: i) un sobrecalentamiento del ambiente, ii) excesiva lluvia en algunas regiones y iii) severa sequía en otras, hipotéticamente, ello parece ser producto de una penetración intensa más al norte de lo normal de los Westerlies en altura, que provocan la aparición del Jet Streams en latitudes más bajas de lo normal, con efecto en la alteración del sistema circulatorio de las masas de aire en Sudamérica y en especial sobre Bolivia, aunque este sistema es independiente de la dinámica sobre el Océano Pacífico y su cuenca.

Esta hipótesis se funda en la alteración de las celdas de circulación atmosférica y sus teleconexiones, por efecto del calentamiento y expansión de la columna de aire sobre los trópicos, provocando anomalías positivas en las alturas geopotenciales de 200 hPa. (Horel, J. y Wallace, J. 1981). En tanto que las regiones subtropicales, las anomalías son negativas en alturas de 200 hPa, particularmente en el Pacífico. (Arkin, P. 1982). Este contraste implica un incremento en el gradiente meridional térmico y de espesor de la troposfera, esto se traduce en una *circulación de Hadley* particularmente intensa. Lo que es consistente con un reforzamiento de los westerlies en altura sobre las regiones subtropicales e incluso más hacia el norte de lo normal.

El desplazamiento de la alta boliviana hacia el oeste cerca del Pacífico, parece coincidir con esta descripción, provocando una mayor convección de aire en el flanco occidental de la cordillera.

A esto se suma el desplazamiento del Anticiclón de Atlántico hacia el noroeste, provocando un mayor flujo de aire caliente y húmedo sobre la Amazonía, específicamente sobre el sector norte. La ZCIT parece situarse más al norte de lo normal, debido al bloqueo que ejerce la presencia más hacia al norte de lo normal del jet subtropical (Figura N° 5) en medianas y altas alturas (posiblemente relacionado con la intensificación de los westerlies), provocando que los procesos de convección propios de la ZCIT se desarrollen en el sector nororiental del país, con el respectivo incremento de precipitación en esta zona.

Fig. 5. Posible Ubicación del Jet en Condiciones de El Niño



Con la presencia del jet, el proceso vertical normal de convección en el occidente (altiplano y valles) del país parecen extraviarse, reduciéndose drásticamente la formación de la lluvia precipitable y provocando la sequía sobre este sector; en cambio, en el sector oriental del país (llanos orientales), ejercería una especie de bloque a las masas de aire que típicamente circulan por este sector, generando convección llana o de desplazamiento horizontal, que junto a la dinámica de la ZCIT, las características fisiográficas y al mayor volumen de aire caliente y húmedo en la región, se produciría una excesiva formación de lluvia precipitable en la zona norte, y por lo contrario, en la zona sur (Chaco boliviano) las lluvias son escasas por la falta de humedad bloqueada proveniente de la Amazonía (Villarpando, W. R. 2000).

5. DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO

5.1. PRECIPITACIÓN PLUVIAL

5.1.1. Introducción

La precipitación es la caída de agua de las nubes, en estado líquido o sólido. Para que se produzca es necesario que las pequeñas gotas de la nube se unan para formar gotas más grandes que venzan la resistencia del aire y caigan. (Ayllón, T. 1996). La precipitación viene siempre precedida por los fenómenos de condensación y sublimación o por una combinación de los dos.

La precipitación es una de las variables climáticas más importantes que influyen en el desarrollo vegetativo de los seres vivos, puesto que la precipitación es, normalmente, la única fuente de humedad proporcionada al suelo. Entonces, este elemento es uno de los factores más definitorios en la confección de un clima. Es también, el principal factor que controla el ciclo hidrológico en una región, así como su ecología, paisaje, usos del suelo y distribución humana.

5.1.2. Análisis de Consistencia y Homogeneidad de la Información

5.1.2.a. Recopilación de la Información

Los datos meteorológicos registrados en las diferentes estaciones meteorológicas - preelegidas para el presente trabajo-, por una parte se encuentran en los archivos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), cuya Regional se encuentra en la ciudad de Santa Cruz. Y por otro lado se encuentra la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA), quienes llevan un registro sinóptico de las condiciones atmosféricas sobre los aeropuertos de Bolivia, cuya base para Santa Cruz se encuentra en el Aeropuerto Internacional de Viru Viru. Y

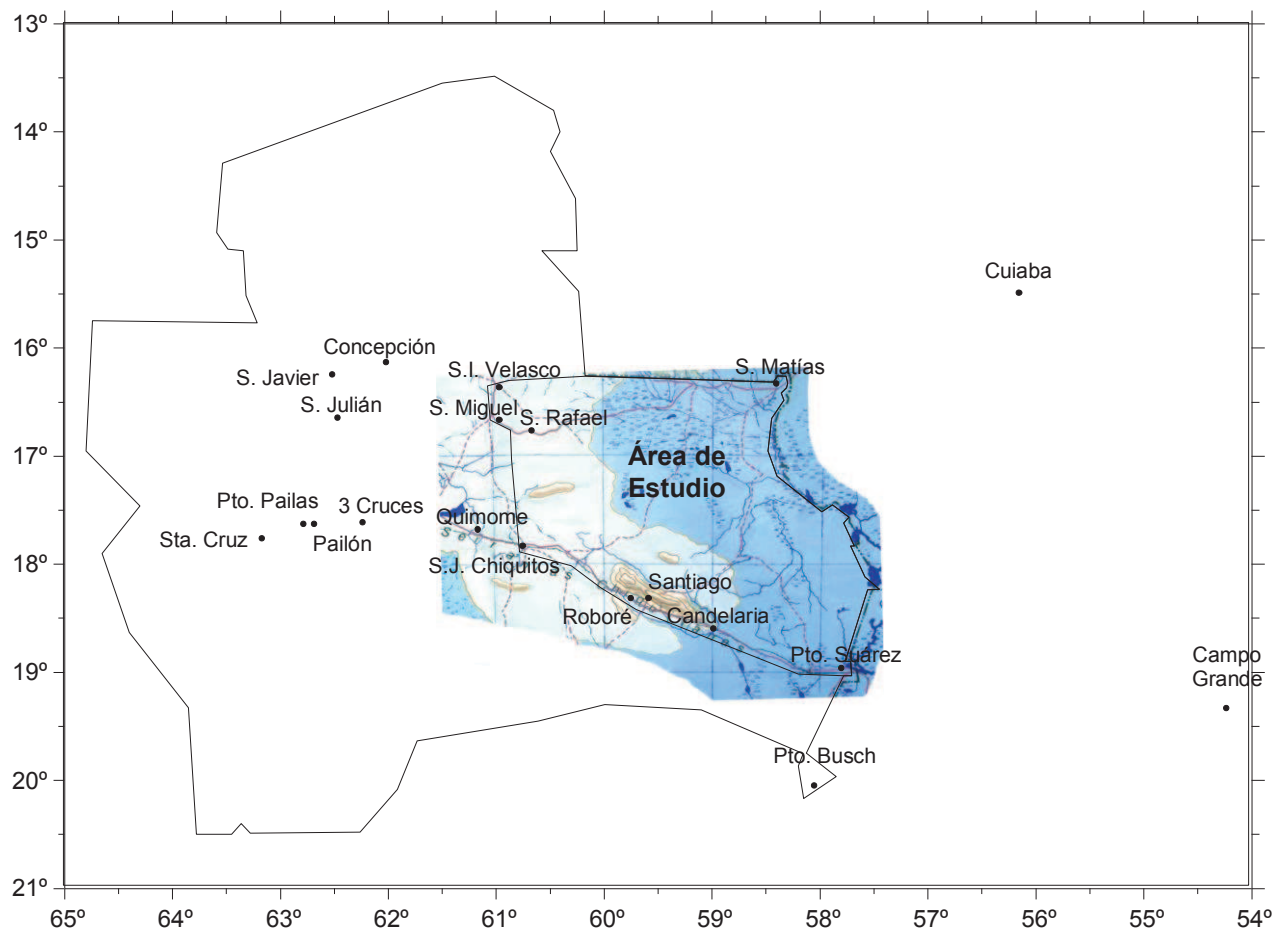
Cuya distribución geográfica de las estaciones se puede ver en el Cuadro N° 1 y Figura N° 6.

Cuadro N° 1. Ubicación Geográfica de las Estaciones

De dominio de SENAMHI	Latitud	Longitud	Altitud	De dominio de AASANA	Latitud	Longitud	Altitud
Candelaria	18° 37'	58° 59'	195	Concepción	16° 09'	62° 01'	497
Quimomé	17° 42'	61° 10'	260	Puerto Suárez	18° 59'	57° 48'	152
Pailón	17° 39'	62° 41'	380	Roboré	18° 20'	59° 45'	277
Puerto Busch	20° 04'	58° 03'	140	S.I. Velasco	16° 23'	60° 58'	413
Puerto Pailas	17° 39'	62° 47'	280	San Javier	16° 16'	62° 31'	710
San Julián	16° 40'	62° 28'	305	S.J. Chiquitos	17° 51'	60° 45'	284
San Miguel	16° 41'	60° 58'	422	San Matías	16° 21'	58° 24'	285
San Rafael	16° 47'	60° 40'	398	Santa Cruz	17° 47'	63° 10'	437
Santiago Chiq.	18° 20'	59° 35'	624	(*) Cuiaba	15° 31'	56° 09'	
Tres Cruces	17° 38'	62° 14'	279	(*) C. Grande	19° 21'	54° 14'	

(*) Estaciones Pertenecientes al INMET de Brasil

Figura N° 6. Distribución de las Estaciones respecto del Área de Estudio



5.1.2.b. Control de Calidad

Normalmente la información meteorológica disponible presenta ciertas deficiencias, en cuanto se refiere a homogeneidad y consistencia, longitud de período histórico y la falta de datos dentro la serie histórica. Esta situación es común para la mayor del país, así como a nivel mundial, por lo cual es de suma importancia que antes de utilizarse los datos meteorológicos, se efectúe un serio control de la calidad y preparación de esta información.

Para todos los elementos meteorológicos y en especial para la precipitación, la verificación de la homogeneidad y consistencia de los datos originales y de los datos generados puede ser realizado por muchos métodos según la experiencia profesional, en el presente trabajo se utilizó el método de Inducción por Simple Enumeración, para luego complementar con el método de Inducción Científica.

Método Inductivo por Simple Enumeración

Se llama *Inducción por simple enumeración*, al razonamiento interpretativo en virtud del cual, observando que un mismo carácter se repita en una serie de valores casi homogéneos, sin que se produzca ningún caso que entre en contradicción con dicho carácter o en su este caso el promedio. De este análisis que se funda en la necesidad de sacar conclusiones generales a partir de la evidencia empírica concreta, se concluye que lo valores inspeccionados pertenecen a la serie que se examina. El no encontrar casos contradictorios dentro la observación de los valores de un mismo rango, no significa aún que tales valores no se den o que sean imposibles. Por ello la inducción por simple enumeración sólo da conclusiones probables. Ejemplo: verificando la precipitación total mensual de una determinada estación meteorológica, donde el valor promedio es de 150 mm, los valores en consideración deben estar fluctuando alrededor de dicho promedio; pero, identificado un valor total mensual muy extremo como ser de 15 mm, este valor entra a ser considerado como *Dato Sospechoso*, que precisa de una verificación de dicha anomalía y saber si se presentó en las estaciones.

Método de Inducción Científica

Se llama *Inducción Científica*, al razonamiento en virtud del cual, partiendo del conocimiento de los caracteres necesarios o de la conexión necesaria de parte de los valores de una población con otra, se verifique que un valor dado se presenta de igual modo en dos poblaciones de caracteres similares. Las conclusiones de este razonamiento descansan sobre la *Causalidad*. Un rasgo característico de la causa, es que dadas unas mismas condiciones, una causa produce los mismos efectos.

La inducción científica no se satisface con la reiteración de los hechos y exige que mediante un análisis se destaquen los caracteres necesarios o las relaciones de los objetos y fenómenos necesarios y apoyándose en ellos determinar las conclusiones generales. No es fundamental el número de veces que se estudian los hechos. Ejemplo: a través del método inductivo por simple enumeración, se identificaron datos sospechosos respecto al promedio de la temperatura mínima de una estación meteorológica; en cambio, este método corroborará si dicha alteración se presentó en otras estaciones, en caso de comprobarse dicha alteración se acepta como verdadero el valor sospechoso; pero, si no existiesen dichos valores anormales, el dato sospechoso es eliminado para luego generar otro dato sobre la base de los valores de las estaciones comprobantes de dicha alteración.

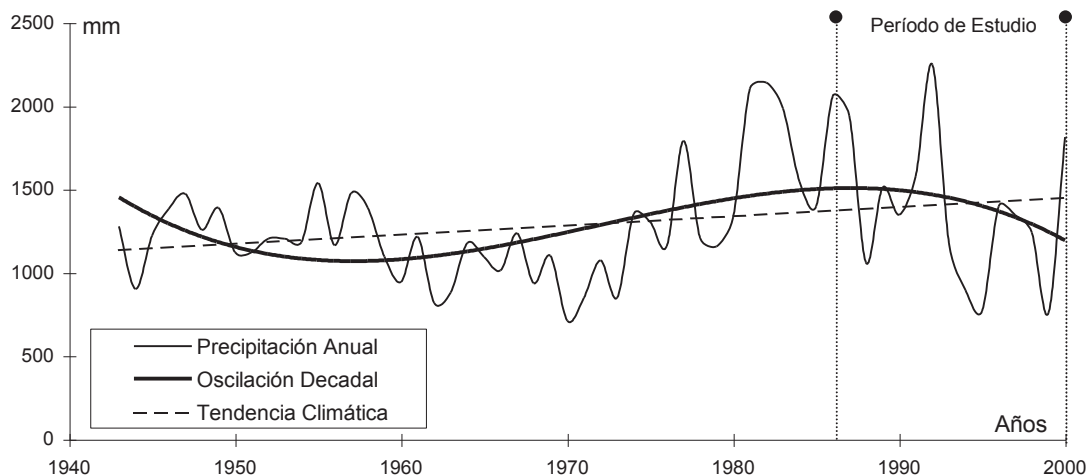
5.1.3. Determinación del Período de Análisis

La selección de un período para establecer la base del análisis climático debe responder a normas internacionales, las que estandarizan a un período mínimo y continuo de 25 años (OMM, 1983), lo que para muchas regiones del mundo es difícil de cumplir por la falta de información por períodos largos. Las estaciones involucradas con este estudio no escapan de tal situación, siendo las estaciones pertenecientes a AASANA las que podrían cumplir bien con esta recomendación, por que además de poseer un período de observación de más de 50 años, estos son en lo posible continuos, algo que también es importante en una serie de información climática. Las

estaciones que pertenecen al SENAMHI en su mayoría poseen información que en suma son de períodos cortos y muchas de las veces con información discontinua, ya sea en forma mensual (es) o anual (es), lo que dificulta en gran parte su uso en un análisis climático.

Un criterio de selección del período de análisis, que muchas veces no es tomado en cuenta y menos aún cuando se refiere a estudios relacionados con el bios de una región, es aquel referido al estado en que se encuentra este período respecto de una oscilación interdecadal más amplia. Es decir si verificamos la oscilación interdecadal pluvio climática de la estación de Santa Cruz (Trompillo) como estación de referencia para el Departamento de Santa Cruz (Figura N° 7), esta nos muestra un mínimo hacia finales de la década de los años '50, y un máximo hacia los finales de los '80.

Figura N° 7. Selección del Período de Análisis



Considerando que el desarrollo de la vegetación de una zona obedece al ritmo climático regional, el que puede modificarse por oscilaciones o ciclos naturales con períodos de varias décadas, siendo los cuerpos bióticos los que necesitan de procesos de adaptación a dichos cambios naturales del clima, los que idealmente se suceden en varios años o décadas, por ello que cambios brusco y repentinos del clima regional podrían colapsar la vida de muchas poblaciones e incluso ecosistemas. Es necesario considerar para este estudio un período de años suficiente para poder interpretar las

condiciones climáticas y vegetativas más recientes, cuyo punto de partida idealmente se encuentra en los últimos picos de una oscilación climática hacia el presente, por ello se elige el período desde 1986 (año en el último pico máximo) al año 2000, como serie común, siendo 15 años que por lo antes mencionado, bien justifican la caracterización climática de este estudio. En caso de trabajarse con un período más extenso es necesario considerar que una oscilación climática modifica la distribución de los parámetros meteorológicos, que muchas veces puede ser de manera muy significativa, para lo cual es necesario realizar análisis antes y después de los picos, ya sea máximos o mínimos, para con ello realizar comparaciones y buscar sistemas de ajuste de la caracterización climática.

Además vale mencionar que, la información registrada en las estaciones del SENAMHI en su mayoría datan de las dos últimas décadas, los que se acomodan al período de análisis seleccionado, siendo muy restringido su uso para una serie más larga.

5.1.4. Selección de Estaciones

Siguiendo los criterios de selección del período de análisis, además de buscar una distribución espacial uniforme y representativa de las estaciones, es que estas se clasificaron en tres grupos según su importancia para el estudio:

5.1.4.a. Estaciones Base

Las estaciones base fueron seleccionadas por poseer información lo suficientemente extensa que permita considerarlas dentro el período de análisis (1986 - 2000), además de buscar que su información sea lo más continuo posible, siendo excepcional la generación y/o regeneración de valores faltantes y/o sospechosos, respectivamente.

Las pruebas de Homogeneidad de la serie se las realizó a través del método de Doble Acumuladas, que consiste en la comparación gráfica entre el total de precipitación anual o estacional que se acumula a partir del primer año hasta el último de la serie (1^{er} año,

2^{do} año + 1^{er} año, 3^{er} año + 2^{do} año + 1^{er} año , , n año + n-1 año + n-2 año + ... + 1^{er} año) , y el promedio concomitante también acumulado de un grupo de estaciones cercanas. Los puntos resultantes de las correlaciones obtenidas para cada año, son unidos por segmentos de recta. Cuando la información es homogénea la gráfica muestra una recta continua sin desviación significativa. Cualquier modificación significativa de la inclinación de la recta, indica una modificación ocurrida en el régimen pluvial de la estación en análisis, que puede ser resultado de una alteración de las condiciones ambientales del puesto pluviométrico considerado (traslado de la estación, modificación de la vegetación o interferencia de otros obstáculos en proximidades de los instrumentos de medición), así como fallas sistemáticas: instrumentales o de observaciones. En este caso, la recta presenta una inclinación diferente y deberá ser ajustada a través de la razón entre las inclinaciones de los segmentos, considerando verdadero el segmento en el cual los datos demuestran ser representativos para la estación considerada.

Una vez se hayan depurado los datos faltantes y/o sospechosos, para verificar su homogeneidad con la serie original, es recomendable realizar el control mediante este método. (OMM, 1983).

El resultado de esta prueba, demostró una aceptable relación homogénea entre la información de las estaciones, esto debido a que la mayor parte de estas estaciones es de dominio de AASANA quienes cuentan con personal capacitado para realizar estas observaciones con métodos e instrumentos de medición adecuados.

Otra manera y más fácil de comprobar la homogeneidad de una serie consiste en aplicar el método de Sved - Eisenhart, que consiste en disponer los datos en orden cronológico y, después de haber determinado el valor de la mediana, se cuenta el número de veces en que la serie cambia de valores superiores a inferiores respecto de la mediana y viceversa. El número total de cambios se aumenta en una unidad y se compara con los límites del intervalo de confianza de la distribución normal que se halla a partir de:

$$1 \pm 1.1 \cdot (n/2) \quad \text{Límite Superior}$$

$$-1 \pm 0.9 \cdot (n/2) \quad \text{Límite Inferior}$$

donde n es el número de años de la población. Cuando el número total de cambios está entre los límites superior e inferior, se considera que la muestra es homogénea, con lo cual se puede hacer un análisis de probabilidad normal. Cuando el número de cambios está por encima del límite superior, indica que existe una oscilación y si el valor queda por debajo del límite inferior indica una tendencia. La tendencia puede ser el resultado de un cambio de ubicación de la estación.

Cuadro N° 2. Estaciones Seleccionadas como Base y su Régimen Pluvial

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Período
San Matías	234	196	209	109	46	20	10	28	40	96	157	190	1334	86 - 00
San Rafael	153	136	141	61	34	31	10	27	36	80	105	119	934	86 - 99
S.I. Velasco	178	177	139	68	50	31	13	22	50	75	119	151	1073	86 - 00
Concepción	195	190	143	100	44	42	20	34	60	91	131	197	1246	86 - 00
San Javier	212	173	174	102	79	59	25	34	97	89	163	177	1385	86 - 00
Sta. Cruz	177	170	137	110	82	70	64	45	82	98	160	214	1410	86 - 00
Pto. Pailas	193	183	105	95	107	62	54	62	65	70	114	157	1266	86 - 99
Tres Cruces	118	130	94	47	56	28	35	36	61	56	84	109	852	86 - 00
Quimomé	112	106	103	86	63	36	17	29	36	49	82	119	839	86 - 99
S.J. Chiquitos	172	145	153	63	69	28	15	28	49	90	129	115	1057	86 - 00
Roboré	139	143	148	77	67	40	23	29	41	91	160	109	1066	86 - 00
Pto. Suárez	189	132	138	80	57	30	23	36	48	89	134	192	1147	86 - 00

5.1.4.b. Estaciones Complementarias

Estas estaciones fueron denominadas así, por que complementarían en parte el análisis pluvial. Dentro su serie histórica se puede encontrar algunos años que se enmarquen dentro el período de análisis, a los cuales y según el tamaño de su serie disponible, se realizará un control de homogeneidad, además y si es necesario, la generación de información faltante. Con esta información corregida y controlada se extiende y aproxima hacia el período de análisis, a través de un coeficiente de comparación obtenida entre el promedio de la serie de estas estaciones y el período concomitante de

las estaciones base. Es decir, la información desde 1986 hasta lo más recientemente registrado, podrán ser aproximados hacia el período 1986 - 2000.

Cuadro N° 3. Estaciones Complementarias y su Régimen Pluvial

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Período
Pailón	157	157	92	100	80	63	59	28	75	69	89	102	1072	90 - 97
(*) San Julián	195	156	139	98	76	41	25	40	61	75	112	174	1191	86 - 95
(**) Santiago	172	143	125	93	92	39	23	39	71	116	124	144	1181	86 - 91

(*) Esta estación cuenta con un período de registro desde 1975 a 1995, y su valor anual extendido y aproximado es de 1141 mm.

(**) Esta estación cuenta con un período de registro desde 1983 a 1991, y su valor anual extendido y aproximado es de 1157 mm.

5.1.4.c. Estaciones de Referencia

Estas estaciones al igual que las anteriores, por su ubicación respecto de la zona de estudio, y por la corta serie histórica que poseen, hacen que no tenga un peso significativo en el análisis pluvial. Pero, la diferencia está en que su presencia obedece a la necesidad de contar con información que sirva para referir el diseño y ploteo de las isohietas en los sectores donde no existiera información; o bien, sea dudosa la distribución de la lluvia en el lugar. Por lo tanto, estas estaciones tienen limitada presencia dentro el presente estudio.

Cuadro N° 4. Estaciones de Referencia y su Régimen Pluvial

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Período
Candelaria	127	75	55	49	48	20	22	27	14	76	111	64	687	88 - 90
Pto. Busch	171	140	107	67	55	55	49	28	59	84	101	164	1080	55 - 69
San Miguel	228	213	193	96	40	42	21	41	41	31	128	166	1241	78 - 82

5.1.5. Régimen Mensual

Las características estacionales del clima sobre el oriente boliviano se manifiestan principalmente en la variación del régimen mensual de las precipitaciones. Se sabe que

la vegetación no sólo es afectada por la variación interanual de la lluvia, sino también por su irregular distribución a lo largo del año.

Figura N° 8. Régimen Pluvial Mensual en las Estaciones Base

La distribución de la precipitación a lo largo del año para toda las estaciones, presenta una gran similitud de tipo monomodal determinando así para el área de estudio un mismo régimen pluviométrico (Figura N° 8), donde la estación lluviosa se encuentra

entre los meses de noviembre a marzo, siendo los meses más lluviosos de diciembre a febrero con un máximo en el mes de enero generalmente (debido al descenso de la ZCIT), excepto para la estación de Roboré, donde el mes de noviembre registra el valor más alto de todo el año, debido posiblemente a la humedad ambiental residual del invierno y por su cercanía a la serranía de Santiago. Este período húmedo concentra alrededor 70% de las precipitaciones del total anual, determinando el período óptimo para el crecimiento vegetativo.

La estación seca que coincide con la época de otoño e invierno austral (el movimiento hacia el norte de la ZCIT ocasiona la presencia de aire poco húmedo, con una evidente entrada en territorio boliviano de frentes de aire frío y húmedo provenientes del sur del continente, los denominados comúnmente "Surazos"). En este período, las precipitaciones concentran alrededor del 15% de la precipitación anual, las que se registra en los meses de mayo a agosto, e incluso septiembre, con un mínimo que generalmente se encuentra en el mes de julio. El resto de los meses son considerados de transición a los períodos húmedos y secos.

Cabe anotar que la lluvia en el mes que tiene mayor precipitación (Enero), se relaciona con la lluvia total de la estación. Los meses que siguen al que tiene la mayor precipitación son más independientes a medida que se aproximan al final de la estación. Esta información, interpretada debidamente, puede ser de utilidad para estimar la duración efectiva del período de crecimiento en función de la lluvia.

5.1.6. Distribución Espacial de la Precipitación

En base a la estadística y análisis obtenidos en anteriores acápite, se procedieron a plotear sobre el área de estudio, las curvas de igual precipitación (Isoyetas) para los valores promedios multianuales del: i) total del año (Enero - Diciembre), ii) total del período húmedo (Noviembre - Abril), y iii) total del período seco (Mayo - Octubre).

Vale señalar que el promedio multianual de totales (series de más de 15 años) para el Año Calendario (Enero - Diciembre) no es significativamente diferente al promedio de los totales en Año Hidrológico (Agosto - Julio), por lo que estadísticamente es indistinto su uso en el análisis climático y ploteo de las curvas de isoyetas.

Teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones para el trazado de estas líneas:

- Considerar como estaciones base, aquellas que se encuentren dentro o en las proximidades del área de estudio, seguidas de las estaciones más cercanas e importantes y el resto serán tomados como estaciones de referencia. Es importante que las estaciones base cumplan con el requisito de contar con suficiente información histórica común al período definido para el análisis (1986 – 2000).
- Considerar la fisiografía del lugar, sus particulares condiciones físicas (topografía) y biológicas (extensa vegetación), su ubicación geográfica respecto de la Cordillera de los Andes y de la región del Chaco Boliviano - Paraguayo, y la altitud de algunos de los cerros o serranías imponentes del lugar.
- Y por último, la dinámica atmosférica reinante en la región, la que es resultado de la interacción entre los frentes fríos del sur del Continente, el ambiente seco del Chaco, las masas húmedas y calientes de la región norte del país y región Amazónica, cuya dinámica ya fue descrita anteriormente.

Los efectos de la altitud, inclinación, exposición y forma del terreno no pueden ser estudiados separadamente. En conjunto constituyen los factores que determinan la cantidad de lluvia que precipita en distintos lugares, dentro la misma zona climática. Todos ellos determinan el mecanismo de producción de lluvia a través de los procesos de advección, convección, convergencia y ascenso de las masas de aire.

Se pueden producir amplias variaciones y con frecuencia resulta imposible separar el efecto que aporta cada uno de estos factores. En general la influencia de un sólo factor

es bastante limitada, pero siempre actúan varios factores a la vez, de modo que su importancia espacial resulta mucho mayor.

El procedimiento metodológico para el ploteo de las isolíneas, consiste en: obtener una primera aproximación de estas líneas a través del programa computacional WINSURFER, que permite ubicar puntos en un eje de coordenadas XY y procesar entre estos, por diferentes métodos una interpolación de la coordenada Z, que en este caso son los valores totales de la precipitación, o en su caso el promedio de temperatura. Generalmente estas curvas obtenidas por este programa, son muy diferentes al resultado final, ello se debe a que en el proceso de interpolación los cálculos que realiza no considera ninguna condición topográfica o elevación de las estaciones y mucho menos la dinámica atmosférica.

El siguiente paso, es la corrección y ploteo manual de las curvas obtenidas por el programa WinSurfer, para ello se debe tener en cuenta las consideraciones antes mencionadas para el trazado de isolíneas. Es importante establecer una Línea Guía a partir de la cual se puedan trazar las otras líneas. Es necesario tener en cuenta la experiencia en la realización de estas curvas, porque ello permite discriminar o potenciar su diseño espacial en función de las distintas variables ya mencionadas. Muchos estudios indican que los tramos de las líneas próximas a las estaciones de observación poseen un alto grado de confiabilidad (90%) de la representación espacial de la información, en cambio aquellos tramos donde no existen estaciones su confiabilidad bien puede reducirse a menos del 50% en el peor de los casos, pero ello muchas veces es mejor y menos costoso que establecer una estación porque muchas regiones son de difícil acceso. En lo posible es necesario establecer estaciones de observación meteorológicas (es ideal establecerlo en forma indefinida y si no es posible su mantenimiento por mucho tiempo, se debe considerar dos o tres años de observación) en lugares estratégicos, para confirmar o corregir la distribución de las isolíneas. Esto en razón de que dentro del bosque Chiquitano mismo, no existe ninguna estación operativa, por lo que las isolíneas en esta parte del Bosque provienen de aproximaciones metodológicas con una confiabilidad de $\sim 70\%$, ya que es muy poco

variable la topografía en la zona y la dinámica atmosférica sobre la región es muy general, teniéndose un débil efecto microclimático de la Serranía de Chiquitos sobre todo el área de estudio. Todas estas apreciaciones pueden variar en función de futuras corroboraciones con valores que sean registrados dentro el área de estudio.

5.1.6.a. Distribución Anual

La insuficiente correlación de la información, independientemente de otros factores que no sea el meteorológico, son detectables cuando se hacen este tipo de análisis. Si seguimos la representatividad espacial de la información de las diferentes estaciones, sobre sale una en particular que modifica la distribución de las isoyetas entre los 18° 00' a 19° 30' Lat. Sud, y 58° 00' a 60° 00' Lon. Oeste. La estación de Candelaria posee valores significativamente inferiores respecto de su entorno (Mapa N° 1).

Aunque la información de esta estación sólo es de referencia, es importante tomar en cuenta que este valor podría demostrar un efecto microclimático, la que se relacionaría con: i) las características físicas de la zona, ii) los efectos antropogénicos, iii) el efecto de la cercanía de la serranía de Santiago, iv) la relativa proximidad a la zona del Chaco; o simplemente y lo más fácil de atribuir, se tendría valores producto de errores en la medición y lectura. Sea cualquiera el o los factores que producen estos valores de lluvia, es necesario hacer una evaluación de esta información a través de comparaciones con nuevas lecturas por uno o dos años, correlación de alta resolución con la vegetación de la zona, estudios de las características hidrográficas de la zona, etc. Mientras tanto, esta estación no se considera en el análisis pluviométrico (Mapa N° 2), en cambio, la temperatura registrada en ésta estación, demostró estar relacionada con el resto de las estaciones, como se verá más adelante en el análisis térmico.

La precipitación pluvial total anual sobre el Bosque Chiquitano y sus alrededores entre los 16° 00' a los 19° 30' Lat. Sud y los 57° 00' a 62° 30' Lon. Oeste, en general obedece a un gradiente fuerte de Noreste con algo más de 1300 mm, hacia un poco menos de 800 mm en el sector Sudoeste (ver Mapa N° 2), lo que está relacionado con las regiones húmedas del norte de Bolivia y la Amazonía; en cambio, la parte sur del área de estudio se encuentra más cerca de la región seca del Chaco, resultando la región del Bosque Chiquitano en Bolivia como una región de transición entre las zonas boscosas y húmedas de la Amazonía y las tierras secas del Chaco boliviano - paraguayo - argentino, refiriéndonos explícitamente y sobre la base de sistemas macro ecológicos.

Además del gradiente Noreste - Sudoeste claramente visible, a mayor escala y según se considero en el anterior párrafo, se puede observar otro gradiente Norte - Sur no muy bien definido sobre el área de estudio, pero que si es importante en toda la región oriental del país, e incluso tornándose de Noroeste a Sudeste a más bajas latitudes.

La precipitación sobre y alrededor de la serranía de Santiago es mayor respecto de la región (más de 1100 mm/año), siendo una excepción de los gradientes antes mencionados, esto parece deberse a la presencia de esta serranía que actúa como interceptor de las masas húmedas produciendo nubes de estancamiento en barlovento y aumento de temperatura en sotavento (Efecto Föhn), aunque ello y según la escala, depende de las condiciones ambientales y la dinámica de los vientos en altura sobre la región.

Hacia el sector noroeste del área de estudio, el gradiente es más estrecho que en el resto, debido a la elevación del terreno respecto del sector Este. En esta zona las lluvias son poco diferentes en su régimen con máximos en los meses de Enero a Abril, pero suficientes para diferenciar la isolínea de 1000 mm. Siendo la estación de San Rafael importante para identificar sobre el área de estudio dicha isolínea, la que además necesita ser corroborada y complementada con la instalación de otra estación en cercanías de la serranía San Diablo.

Si bien los volúmenes totales del promedio anual, dan una buena visión de la distribución espacial de la precipitación, se debe considerar que para fines agrícolas y de planificación es necesario conocer la distribución de la lluvia por períodos, que se estudian a continuación.

La precipitación promedio para el área de estudio es de 1100 mm/año para un período de análisis de 15 años (1986 -2000), el cual varía en función de la dinámica de los sistemas de presión y masas de aire descritos anteriormente (variabilidad interanual).

5.1.6.b. Distribución en el Período Húmedo

En este período que va desde Noviembre a Abril, las diferencias respecto de la distribución espacial anual de la lluvia no son significantes (Mapa N° 3), puesto que también se puede evidenciar un gradiente con mayor lluvia en el sector Noreste (más de 1000 mm), con dirección hacia el Sudoeste donde las precipitaciones son menores (menos de 700 mm). La lluvia promedio es de 840 mm/per. húmedo.

Como se indicó en el acápite anterior, se descartó por razones metodológicas la información de la estación de Candelaria. Así mismo se puede observar un leve aumento de precipitación hacia la serranía de Santiago, la cual no es muy relevante respecto de las regiones circundantes.

Nuevamente es importante la información de la estación de San Rafael, para determinar la isoyeta de 800 mm, la cual también es necesario corroborar y complementar con la instalación de una o más estaciones sobre la zona, lo mismo que en el centro mismo del área de estudio, y así verificar la distribución de estas isolíneas de precipitación.

Estas analogías, sugieren que además del valor total, existe una relación de la distribución espacial de la precipitación entre el total del período de lluvias y el total anual, lo que se condiciona por la dinámica atmosférica antes descrita, que se relaciona con el período de mayor crecimiento vegetal.

5.1.6.c. Distribución en el Período Seco

Para este período que va de Mayo a Octubre, que en promedio concentra el 24% de la precipitación para todo el área de estudio (240 mm), la distribución espacial de este parámetro es diferente a los gradientes del total anual y período húmedo, teniéndose en este caso un gradiente de mayores precipitación hacia sector Sudoeste (más de 300 mm), reduciéndose en dirección del Norte - Noreste (menos de 200 mm), es decir invirtiéndose el gradiente (Mapa N° 4).

Esta distribución obedece a la conducta atmosférica propia del invierno austral donde por un lado existe menos humedad proveniente del norte (por que la ZCIT se traslado hacia el norte), y por otro lado, a una presencia intensa de surazos que en algunos eventos produce lluvia y en otros sólo es difusión de aire frío y seco sin efecto pluvial significativo (Ronchail, J. 1989). Esta dinámica es general a casi todo el oriente boliviano, pero reduciéndose la intensidad de los surazos hacia la región norte del país.

Se puede evidenciar dos núcleos que son excepción a este gradiente, por un lado una zona de relativamente mayores valores de lluvia centrada alrededor de la serranía de Santiago, y por otro lado, una zona hacia el noroeste del área de estudio, donde los valores de lluvia para este período son menores que el medio.

Las masas frías son más pesadas que las calientes, por ello la altura promedio de un frente frío va desde la superficie del suelo hasta aproximadamente 1500 m (según la intensidad del frente), y al parecer, en su recorrido sobre la región encuentra a su paso la serranía de Santiago, la que intercepta la humedad de estas masas, provocando la condensación y precipitación de esta humedad alrededor de esta serranía.

Entonces, sobre la zona de la serranía de Santiago en la distribución de la lluvia a nivel anual influye más los valores de la época seca, por ser más evidente que en la época húmeda.

5.2. TEMPERATURA DEL AIRE

5.2.1. Introducción

La temperatura del aire es el grado sensible de calor y se debe principalmente a la radiación calorífica de Onda Larga que emite la superficie del planeta. (Ayllón, T. 1996). Expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación emitida y la recibida.

Es necesario subrayar que, la temperatura del aire constituye un factor limitativo para el desarrollo de las plantas, por lo que el estudio de esta variable merece una especial atención.

Son varios los factores que influyen en la transmisión del calor y, por tanto, en la temperatura de las distintas regiones, para el caso del presente trabajo se considerará:

- i) *Influencia de la Latitud*, es función de la altura del sol en el horizonte y de la inclinación con que inciden los rayos solares en la superficie terrestre.
- ii) *Influencia de la Altitud*, cuando un volumen de aire asciende va disminuyendo su presión y, por tanto, se expande y enfría. Si desciende, se comprime y aumenta su temperatura (proceso adiabático). El valor del gradiente térmico de estas variaciones con la altura depende de varias circunstancias; entre ellas: la temperatura del suelo, la liberación de calor latente por condensación del vapor de agua y la velocidad con que se mueve el aire. En promedio se calcula un gradiente de $-6.0\text{ }^{\circ}\text{C/Km}$ de altura, pero para condiciones de Bolivia este gradiente está calculado en -4.5 a $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C/Km}$ a partir de una temperatura base ficticia de $26.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nivel del mar.
- iii) *Influencia de las Particularidades Locales*, está relacionado con la naturaleza del suelo, las condiciones topográficas, vegetación, etc., en los que varían en el grado de absorción y reflexión de calor (Albedo). Al modificarse la emisión de onda larga (calor), este influye en la magnitud de la temperatura del aire en sus cercanías.
- iv) *Influencia de la Nubosidad*, la temperatura del aire en los días despejados alcanza su máximo dos a cuatro horas después del paso del Sol por el meridiano, y desciende hasta un mínimo poco después de la salida

del Sol al día siguiente; en cambio, en días nublados o parcialmente nublados, las nubes forman una barrera que impide la penetración de la insolación, la cual depende de la cantidad de nubes, espesor y tipo de nubes. Para otras regiones es también importante la Influencia entre la Tierra y el Mar, sobre todo para regiones costeras y donde existen cuerpos de agua relativamente grandes.

5.2.2. Selección de Estaciones Termométricas

El período de análisis utilizado para el estudio de la precipitación pluvial, también es considerado para la temperatura del aire, es decir el período de 1986 a 2000. Además de referirse a este período como un criterio en la selección de las estaciones, también se parte por la disponibilidad de información, continuidad de los registros y la distribución espacial; aunque en general, las estaciones dentro y/o en las cercanías del área de estudio en total son muy pocas, por lo que es mejor buscar formas metodológicas (gradiente térmico, regímenes térmicos, etc.) para utilizar la información de todas estas estaciones, salvo severas contradicciones o inconsistencias.

Estas estaciones cuentan con registros de la temperatura máxima y mínima diurna, y a partir de ellos se obtiene el promedio, siendo este un valor muy próximo a la temperatura media del día. Como se mencionó antes, a diferencia de las estaciones de precipitaciones, la red de estaciones termométricas es poco densa, contándose para este trabajo con 13 estaciones, de las cuales alrededor del 35% están relativamente distribuidas en el perímetro del área de estudio, y el resto en los alrededores y más allá del Bosque Chiquitano, según se puede observar en el Cuadro N° 5 y Figura N° 6.

Se establecieron 8 estaciones como Base y las restantes como Complementarias, pero la información de estas últimas es de cierta uniformidad respecto de las anteriores, lo que permite su uso con algunas consideraciones y restricciones, pero siempre controlando que la información esté dentro el período de análisis (1986 - 2000). Además por enmarcarse en este período, la información se encuentra en un mismo

ciclo de oscilación de interdecadal como se explicó anteriormente en la selección del período de análisis, y por lo tanto, la oscilación climática es casi nula.

Cuadro N° 5. Estaciones Seleccionadas como Base y su Régimen Térmico

Estación	Valor	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.	Período
San Matías	Max.	33.3	32.9	32.9	32.4	30.7	30.0	30.6	33.0	33.7	34.9	33.8	33.5	32.7	90 - 00
	Med.	28.1	27.8	27.7	27.0	24.9	23.7	22.9	25.3	26.9	28.6	28.5	28.3	26.6	86 - 00
	Min.	22.9	22.7	22.5	21.2	18.8	16.8	14.2	16.6	19.9	22.0	22.4	22.9	20.2	90 - 00
San Ignacio De Velasco	Max.	31.0	30.4	30.6	29.8	27.9	27.4	28.3	30.8	31.8	33.1	32.1	31.2	30.4	86 - 00
	Med.	26.3	25.7	25.7	24.6	22.4	21.2	20.6	23.0	25.0	26.7	26.4	26.3	24.5	86 - 00
	Min.	21.6	21.1	20.8	19.3	16.9	15.0	12.9	15.3	18.1	20.3	20.8	21.5	18.6	86 - 00
Concepción	Max.	30.1	29.8	29.7	29.1	27.3	26.9	27.3	29.6	30.7	31.8	30.9	30.1	29.4	86 - 00
	Med.	25.5	25.1	24.9	23.9	22.0	21.0	20.4	22.5	24.1	25.6	25.5	25.4	23.8	86 - 00
	Min.	20.8	20.4	20.1	18.8	16.6	15.1	13.4	15.4	17.6	19.5	20.1	20.6	18.2	86 - 00
San Javier	Max.	29.0	28.7	28.6	27.8	25.8	25.3	25.7	28.0	29.1	30.4	29.7	29.0	28.1	87 - 00
	Med.	24.8	24.4	24.3	23.3	21.2	20.4	19.7	21.9	23.3	25.0	24.9	24.7	23.2	87 - 00
	Min.	20.6	20.1	19.9	18.8	16.5	15.5	13.7	15.9	17.6	19.6	20.1	20.5	18.2	87 - 00
Santa Cruz (Trompillo)	Max.	30.7	30.5	30.3	28.7	25.7	24.8	24.9	27.7	29.1	30.9	31.3	30.5	28.8	86 - 00
	Med.	26.5	26.2	26.0	24.4	21.8	20.9	20.2	22.6	24.0	25.9	26.4	26.3	24.3	86 - 00
	Min.	22.3	21.8	21.8	20.2	17.9	16.9	15.5	17.4	18.9	21.2	21.5	21.9	19.8	86 - 00
San José de Chiquitos	Max.	32.6	32.0	31.8	31.0	28.4	27.7	28.7	31.0	32.2	33.7	32.9	32.7	31.2	86 - 00
	Med.	27.1	26.5	26.4	25.2	22.8	21.5	21.1	23.3	25.3	27.1	26.8	27.1	25.0	86 - 00
	Min.	21.5	21.1	21.1	19.4	17.2	15.3	13.5	15.6	18.3	20.6	20.8	21.4	18.8	86 - 00
Roboré	Max.	31.3	32.6	32.4	31.0	28.4	27.5	29.1	31.0	32.3	34.0	33.4	33.1	31.3	86 - 00
	Med.	26.6	26.9	26.6	25.1	22.4	21.5	21.5	23.5	25.2	27.3	27.2	27.6	25.1	86 - 00
	Min.	21.9	21.1	20.7	19.2	16.4	15.5	14.0	16.0	18.2	20.7	21.0	22.0	18.9	86 - 00
Puerto Suárez	Max.	33.1	32.6	32.2	31.0	27.9	26.8	26.7	29.2	30.7	33.0	33.3	33.1	30.8	86 - 00
	Med.	28.2	27.7	27.4	26.1	23.3	22.0	21.2	23.4	25.2	27.5	28.0	28.2	25.7	86 - 00
	Min.	23.3	22.9	22.6	21.2	18.7	17.3	15.7	17.7	19.7	21.9	22.7	23.3	20.6	86 - 00

Además de las estaciones complementarias, se cuenta con información promedio multianual para el período 1961 - 1990, de las estaciones de Campo Grande y Cuiabá que pertenecen al Instituto Nacional de Meteorología del Brasil (INMET), cuya información sirvió para referenciar el trazado de las isolíneas tanto en precipitación, como en temperatura sobre territorio brasileño. Ésta información está disponible en el Web Page de éstas Institución. Los valores de las estaciones complementarias se presenta en el Cuadro N° 6, donde se puede advertir que la estación de Candelaria solamente cuenta con información del valor medio de la temperatura, debido a la ausencia de los valores máximos y mínimos en archivos del SENAMHI.

Cuadro N° 6. Estaciones Complementarias y su Régimen Térmico

Estación	Valor	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.	Período
San Julián	Max.	32.7	32.7	32.9	30.2	28.1	27.4	28.7	30.5	31.8	33.8	32.0	31.5	31.0	86 - 91
	Med.	25.4	25.5	24.9	22.8	21.7	19.7	19.6	21.2	23.0	25.7	25.6	25.3	23.4	86 - 90
	Min.	18.3	17.9	16.8	15.4	15.4	12.4	9.18	11.1	13.3	16.9	17.7	18.8	15.3	86 - 91
Pailón	Max.	32.5	32.4	32.3	30.4	29.7	27.3	27.2	29.6	30.7	31.6	32.5	32.3	30.7	92 - 96
	Med.	27.0	27.1	26.7	24.9	24.3	22.6	21.7	23.4	24.8	26.0	26.7	26.9	25.2	91 - 96
	Min.	21.6	21.9	21.2	19.4	18.9	17.8	16.0	17.4	18.9	20.8	20.8	21.0	19.6	92 - 96
Candelaria	Med.	27.2	26.7	26.3	26.3	23.6	23.2	22.0	23.9	24.1	26.6	25.9	26.1	25.2	89 - 92
Campo Grande	Med.	24.5	24.4	24.1	23.3	20.4	19.2	19.3	21.7	22.5	24.1	24.3	24.4	22.7	61 - 90
Cuiabá	Med.	26.7	25.5	26.6	26.2	24.5	23.9	21.8	24.7	26.6	27.5	27.2	26.6	25.6	61 - 90

5.2.3. Régimen Mensual de la Temperatura

El régimen mensual de la temperatura media Ambiental, para todas las estaciones presenta una similar distribución relativa en el tiempo (ver Figura N° 9 y Cuadros N° 5 y 6), con valores altos en los meses de Septiembre a Marzo, con un máximo en el mes de Octubre, por las altas temperaturas que se registra en este mes debido a cielos despejados durante casi todo el día - y varios días- y reducida humedad ambiental, produciendo temperaturas extremas excepcionalmente máximas que el resto del año; mientras que, las bajas temperaturas se sitúa entre los meses de Junio a Agosto. Las temperaturas medias más bajas tienen lugar en Julio, en pleno invierno por efecto de los surazos que trae consigo aire muy frío y que va desplazándose en forma advectiva. En general, las temperaturas medias mensuales tienen un régimen estacional similar al de las precipitaciones (de tipo monomodal), y eventualmente similar en el régimen de las temperaturas máximas y mínimas.

También se puede mencionar, que el mes de Junio registra el valor promedio más bajo de la temperatura máxima lo que se relaciona con el cambio de estación entre Verano y el invierno, o sea con el movimiento natural de la tierra; en cambio, para la temperatura mínima se registra en el mes de julio donde se tiene él más bajo valor promedio multianual, donde se siente la influencia de los surazos. La mayoría de las estaciones tienen sus valores mínimos por encima de los 10 °C (excepto San Julián), estando libres de riesgos de heladas. Entre las estaciones no se evidencia diferencias

significativas en el régimen térmico mensual, quizás debido a la poca diferencia altitudinal entre las estaciones. Pero es necesario anotar que, las estaciones situadas aproximadamente a la misma altitud pueden también mostrar pronunciadas diferencias en la variación diaria de temperatura, debido a la orientación y exposición del terreno.

Figura N° 9. Régimen Térmico Mensual

La temperatura del aire, sus variaciones diarias y estacionales son muy importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que si bien no limita su crecimiento, influye directamente en la velocidad de éste, en la longitud del ciclo vegetativo anual y en las fases de desarrollo. Aunque en las tierras bajas la temperatura del aire, rara vez constituye un factor limitativo, no ocurre así en los climas montañosos.

Las variaciones anuales y diurnas de la temperatura, están directamente relacionadas con el balance local de radiación. En casi todas las latitudes, la suma de los intercambios de energía ascendente y descendente es positiva, desde aproximadamente una hora después de la salida del sol hasta algunas horas antes de su puesta. La oscilación térmica anual varía entre los meses cálidos y fríos, pero al interior del valor mensual este es medido por la diferencia entre la media máxima y mínima, cuyo valor muchas veces sirve para detectar diferencia entre estaciones aunque este demuestren estar relacionadas en su régimen anual.

Para las estaciones analizadas, no existe una diferencia significativa entre los valores de Oscilación Media Anual OMA (exceptuando San Julián, 15.8 °C de OMA), siendo el valor máximo 12.4 °C y el valor mínimo de 9.0 °C, estando en los meses de invierno la mayor diferencia (14.2 °C en promedio), esto por tenerse los valores de temperatura mínima muy extremas; en cambio, las mínimas diferencias se sitúan en los meses de mayor lluvia (10.3 °C en promedio), por un posible efecto termoregulador de las nubes y la mayor retención de vapor de agua del aire, lo que produce que las temperaturas mínimas y máximas no sean muy extremas.

5.2.4. Distribución Espacial de la Temperatura

Siguiendo los mismos principios, condiciones, restricciones y proceso metodológico planteado para los trazados de isoyetas, se procedió al ploteo de las isolíneas de igual magnitud térmica (isotermas) para la zona de estudio en el Bosque Chiquitano, así mismo se realizó el trazado a nivel Anual, para el período Húmedo y para el período Seco.

5.2.4.a. Distribución Anual

La temperatura media ambiental sobre el Bosque Chiquitano y sus alrededores entre los 16° 00' a los 19° 30' Lat. Sud y los 57° 00' a 62° 00' Long. Oeste, tiene dos gradientes claramente diferenciados; por un lado, un gradiente con una dirección de Noreste con 26.5 °C, hacia los 25.5 °C en el Sudoeste, y otro, desde el sector Sudeste con más de 25.5 °C, hacia el Noroeste donde las temperaturas medias son alrededor de los 24.0 °C (ver Mapa N° 5). En general, se puede hablar de un gradiente ideal de Este hacia el Oeste, que estaría obedeciendo a la relación y gradiente entre las tierras bajas del oriente boliviano y las altas montañas de la Cordillera de los Andes.

De alguna manera, la distribución de la temperatura es más uniforme que el de la precipitación y ésta podría obedecer a la fisiografía del lugar, donde la parte Este de la zona de estudio es relativamente más baja que el sector Oeste. No se reconoce efectos explícitos de la Serranía de Chiquitos, quizás este inmerso en los gradientes antes mencionados, por que la intersección de estos dos gradientes ocurre en alrededores y a lo largo de esta Serranía. Pero ello es prematura afirmar, por que no se cuenta con información dentro el área de estudio, lo que permitiría determinar con más exactitud el rol de esta Serranía sobre las temperaturas en la región, algo que se pudo parcialmente establecer en el parámetro de la precipitación Pluvial. La temperatura promedio Anual y para todo el Bosque Chiquitano es de 25.3 °C.

Son muy pocas las estaciones y la variación altitudinal de estas para establecer un Gradiente Térmico, pero una primera aproximación es de -4.6 °C/Km, a partir de una temperatura ficticia a nivel medio del mar de 26.4 °C, lo que no es muy diferente de otros estudios y sus valores, antes mencionado.

No existe cambios significativos de la temperatura por efectos locales o micro regionales característicos de valles y laderas de sotavento y barlovento, que muchas veces modifican severamente la distribución de las isotermas, y mientras no exista una

red acorde a los análisis climáticos, no se puede indicar que dichos efectos no existen, pero por ahora solamente no son considerados.

5.2.4.b. Distribución en el Período Húmedo

La distribución de las isotermas en este período es similar a la distribución anual, pero con mayor acentuación en el gradiente de Sudeste con 27.5 °C a menos de 25.5°C en el sector Noroeste, y partiendo a partir de dicho transecto la otra gradiente en dirección del Noreste con algo mas de 27.5 °C, y hacia el Sudoeste con 27.0 °C. (Mapa N° 6).

Se hace más notoria la presencia de la Serranía de Chiquitos, por que paralelo a su eje se encuentra en gradiente más acentuado con la isoterma de 26.5 °C más pronunciada que las otras isolíneas, y que atraviesa gran parte del sector sudoeste del área de estudio. La temperatura promedio para este período y para todo el Bosque Chiquitano es de 26.8 °C.

5.2.4.c. Distribución en el Período Seco

Este período donde la lluvia demostró invertir su gradiente respecto de la distribución anual, en la temperatura no es diferente de la distribución anual. En cambio, la gradiente Sudeste (alrededor de 23.8 °C) hacia Noroeste (con menos de 22.5 °C) no es tan pronunciada como en la distribución anual y del período húmedo, siendo notoria el gradiente Noreste con más de 25.0 °C hacia el Sudoeste con 23.5 °C. (Mapa N° 7)

Existe muy poca variación en la distribución espacial de la temperatura, lo que contrasta con la oscilación térmica que en invierno es mayor respecto del verano, ello puede estar debido a la dinámica atmosférica más estable y de naturaleza advectiva, donde la influencia de los sistemas meteorológicos es más uniforme; contrario al verano es donde se produce una gran inestabilidad de la atmósfera produciéndose chubascos aislados que difícilmente se podrían formar en el invierno. La temperatura promedio para este período y para todo el Bosque Chiquitano es de 24.1 °C.

5.3. VIENTOS

5.3.1. Introducción

Viento es el aire en movimiento, y cuando está en reposo se le llama *Calma*. En la atmósfera libre las corrientes de aire pueden tener un movimiento vertical de ascenso o descenso, llamado *convección*, o bien un sentido horizontal, llamado *advección*; éste es el más importante. (Ayllón, T. 1996).

Los movimientos del aire se originan como una consecuencia de las diferencias de presión atmosférica en la superficie del globo; los vientos soplan de las zonas de alta presión en dirección a los de baja presión, y la velocidad de este movimiento de traslación está en razón directa a la diferencia de presiones entre las áreas de donde se origina la corriente de aire, y a la que se dirige.

El movimiento del aire en las proximidades de la superficie terrestre está controlado por cuatro factores: i) la fuerza del gradiente de presión, ii) la fuerza de Coriolis, iii) la aceleración centrípeta, y iv) las fuerzas de rozamiento. (Barry, R. y Chorley, R. 1978)

El viento se determina por la *dirección*, o punto del horizonte desde donde sopla, por su *velocidad*, de la cual depende su mayor o menor fuerza.

5.3.2. Régimen de Vientos en Superficie

El estudio de este parámetro ha sido efectuado mediante los datos registrados básicamente en estaciones de dominio de AASANA, a excepción de la estación de San Julián que pertenece a SENAMHI. Por la poca variabilidad estadística de este parámetro, si se considera como el promedio de una serie histórica de varios años, es que no se realizó la selección de estaciones, y con ello valorizándose la información existente de las estaciones, y sólo por uniformidad del análisis climático de este estudio, es que se trabajó con información que esté dentro el período elegido para los análisis.

5.3.2.a. Por Frecuencia en Tanto Por ciento Mensual

Este formato que presenta el valor promedio o en su caso el más frecuente, se basa en la relación entre el número de veces sobre el total de ocurrencia de una determinada dirección desde donde sopla el viento. Este formato es el que describe con más detalles la conducta del viento en todas sus direcciones sobre la estación, pero es normal que para los reportes meteorológicos mensuales, sólo se inscriba el valor más frecuente, lo que a la larga produce omisiones de información y errores de apreciación y seguimiento. Pero de alguna forma es recuperable esta información cuando se la analiza a través de una serie de varios años.

A continuación, en el siguiente cuadro se presenta los valores frecuentes (Frec) en tanto por ciento y la velocidad promedio (V) en nudos del viento mensual.

Cuadro N° 7. Regiones en tanto Por ciento Mensual de las Estaciones

Ene		Feb		Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic	
Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V

San Matías

Período: 1990 - 2000

N	82% 4	91% 3	82% 3	91% 3	36% 3	64% 5	45% 4	64% 5	45% 7	91% 5	100 4	91% 5
NE												
E												
SE												
S		9% 4	9% 3	9% 3	64% 3	27% 3	55% 5	36% 4	45% 6	9% 3		
SW			9% 2			9% 3						
W												
NW	18% 2								10% 5			9% 3
C												

San Ignacio de Velasco

Período: 1986 - 2000

N	27% 5	20% 4	33% 4	67% 4	47% 5	80% 6	67% 6	53% 6	40% 6	40% 6	47% 5	40% 5
NE								7% 6				
E												
SE				6% 3								
S		13% 4	20% 4	7% 5	53% 4	20% 4	33% 6	33% 5	27% 6		6% 5	
SW												
W												
NW	73% 5	67% 4	47% 4	20% 4				7% 6	33% 7	60% 6	47% 5	60% 6
C												

Ene		Feb		Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic	
Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V

Concepción

Período: 1986 - 2000

N	7%	5	20%	5	20%	4	20%	5	33%	6	47%	6	40%	7	40%	12	13%	8	20%	8	7%	8	7%	5
NE																								
E																								
SE																								
S	7%	3	13%	4	27%	5	40%	4	54%	5	20%	6	47%	7	7%	7	47%	7	20%	6	20%	5		
SW																								
W																								
NW	86%	5	67%	4	53%	4	40%	5	13%	5	33%	6	13%	7	53%	6	40%	7	60%	7	73%	5	93%	11
C																								

San Javier

Período: 1986 - 2000

N	66%	7	86%	7	60%	6	74%	7	54%	6	93%	8	67%	9	67%	8	47%	9	60%	9	67%	7	73%	8
NE																								
E																								
SE																								
S	7%	8	7%	6	20%	7	13%	6	33%	7	7%	10	20%	7	13%	7	13%	9	13%	8	13%	8		
SW																								
W																								
NW	27%	7	7%	6	20%	6	13%	8	13%	8			13%	8	20%	10	40%	9	27%	7	20%	8	27%	8
C																								

San Julián

Período: 1986 - 1992

N																								
NE																								
E																								
SE																								
S			14%	3					57%	4	29%	3	33%	5			14%	5						
SW																								
W																								
NW	100	3	86%	3	100	3	100	3	43%	3	71%	5	67%	5	100	4	86%	5	100	5	100	4	100	3
C																								

Santa Cruz (Trompillo)

Período: 1986 - 2000

N	7%	10			7%	10							7%	13							7%	11	7%	12
NE																					7%	11		
E																								
SE									7%	11			7%	12	7%	12	7%	13						
S			20%	9	13%	9	13%	10	33%	10	20%	11	33%	11	13%	11	20%	12	13%	10	13%	10	13%	10
SW																								
W																								
NW	93%	10	80%	10	87%	10	80%	11	60%	11	80%	12	60%	13	73%	12	73%	12	80%	11	80%	11	93%	10
C																								

Ene		Feb		Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic	
Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V

San José de Chiquitos

Período: 1986 - 2000

N	66%	3	80%	3	40%	4	79%	4	60%	4	86%	5	60%	6	60%	6	46%	6	60%	5	80%	4	66%	4
NE															7%	6			7%	7				
E																								
SE																								
S					27%	2	7%	2	27%	4			20%	5	13%	5	20%	5	7%	4				
SW																								
W																								
NW	27%	4	13%	4	20%	4	7%	5			7%	4	13%	4	7%	5	27%	6	26%	4	13%	7	27%	5
C	7%	0	7%	0	13%	0	7%	0	13%	0	7%	0	7%	0	13%	0	7%	0			7%	0	7%	0

Roboré

Período: 1986 - 2000

N	93%	5	79%	4	79%	3	93%	3	80%	3	80%	5	74%	5	93%	4	73%	4	86%	5	80%	4	100	5
NE							7%	5					13%	4										
E																								
SE																								
S			7%	3					13%	3	20%	3	13%	4			27%	5			7%	6		
SW					7%	1																		
W																								
NW			7%	3	7%	3			7%	6					7%	4			7%	5	13%	2		
C	7%	0	7%	0	7%	0													7%	0				

Puerto Suárez

Período: 1986 - 2000

N	40%	3	60%	4	13%	2					7%	7									20%	5	33%	4
NE	47%	4	20%	3	80%	3	80%	3	86%	4	59%	5	46%	6	53%	6	53%	6	73%	5	66%	4	67%	4
E									7%	3	20%	6	40%	5	40%	6	27%	6	20%	6	7%	4		
SE																								
S			13%	2	7%	4							7%	5					7%	4				
SW			7%	3			13%	4	7%	9	7%	4	7%	4	7%	4	13%	4						
W																								
NW	13%	3					7%	4				7%	5				7%	5			7%	3		
C																								

La distribución patrón de las direcciones está dividida en 8 rumbos: Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sudeste (SE), Sud (S), Sudoeste (SW), Oeste (W), Noroeste (W), además de períodos donde los vientos predominantes son Calmados (C).

A primera vista se puede apuntar que la distribución de los vientos varía de mes a mes, pero no muy diferente entre estaciones de observación, siendo común en la mayoría de estos una dirección del Norte, variando hacia el Noreste o Noroeste, así como en algunos meses es notable la presencia de vientos del Sud a Sudeste o Sudoeste.

Para comprender mejor esta variabilidad entre los meses se harán algunos análisis para meses particulares y así entender mejor la dinámica del viento en superficie.

Enero

En este mes se ve una clara predominancia de vientos que vienen desde el Norte y Noroeste, siendo menos frecuentes los del Noreste (Pto. Suárez), así como vientos del Sur o vientos Calmados, esta distribución está relacionada con la aparente posición de la ZCIT dentro Sudamérica, llegando su extremo austral a posarse sobre territorio boliviano, haciendo más intenso el monzón de Atlántico sobre Sudamérica lo que conduce la humedad precipitable hacia gran parte del país e incluso el país de Paraguay con una dirección de Noroeste hacia Sudeste, lo que concuerda con la información registrada en las estaciones y en este mes.

Abril

Aún predomina los vientos desde el Norte, aunque también se manifiesta una intensificación en los vientos del Sur, lo que se relaciona con la presencia de la ZCIT aún sobre Sudamérica y realizando su movimiento hacia el norte e incluso tocando el Hemisferio Norte con su extremo septentrional.

Julio

Aunque sigue manteniéndose en algunas estaciones como viento más frecuente aquel que proviene del Norte, para otras es más intenso los vientos desde el Sur, que están relacionados con la presencia intensa de frentes fríos o los surazos sobre el continente y antes descrito, que traen hacia gran parte del país condiciones frías que pueden provocar heladas y nevadas en algunas regiones, sobre todo en el altiplano y cordilleras. En este mes la ZCIT se posesiona en su extremo septentrional motivando la ausencia de lluvias sobre el país, y con ello se tiene condiciones atmosféricas más estables que en el mes de enero.

Octubre

Se nota el retorno de vientos más frecuentes del Norte a Noroeste y leve presencia de vientos del Sud, aunque ello no esta estrechamente ligado a la ZCIT, mas bien a la ausencia de frentes fríos del Sur, a ello se tiene que el ambiente en este mes es más cálido que el resto del año, menos lluvioso e inestable por la poca humedad ambiental y mayor grado térmico.

5.3.2.b. Por Porcentaje Anual o Promedio Anual

Este formato sirve para complementar el análisis anterior, se basa en el promedio de la frecuencia de los vientos a lo largo del año y por dirección, presentados en porcentaje con intervalos del 20%.

Se puede apreciar en la Figura N° 10, donde se construye en base a estos promedios anuales, la rosa de vientos para cada estación y se puede apreciar que en general, todas las estaciones tienen una conducta de vientos desde el norte, siendo en algunos casos también predominante la dirección del Noroeste, y excepcionalmente desde el Noreste (Pto. Suárez).

Cuadro N° 8. Régimen por Porcentaje Anual del Viento en las Estaciones

	San Matías		S.I. Velasco		Concepción		San Javier		San Julián		Santa Cruz		S.J. Chiquitos		Roboré		Puerto Suárez	
	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V	Frec	V
N	73%	4.3	46%	5.2	23%	6.7	68%	7.7			3%	11.2	65%	4.6	84%	4.2	14%	4.0
NE			1%	6.0							1%	10.9	1%	6.5	2%	4.3	62%	4.3
E																	13%	5.0
SE			1%	3.0							2%	12.0						
S	22%	3.6	18%	4.8	25%	5.3	13%	7.4	13%	3.8	16%	10.3	10%	4.0	7%	3.9	3%	3.8
SW	2%	2.4													1%	1.0	5%	4.6
W																		
NW	3%	3.4	34%	5.3	52%	6.2	19%	7.7	87%	3.7	78%	11.1	16%	4.7	4%	3.8	3%	3.9
C												8%	0.0	2%	0.0			

Este cuadro tabula la información con la cual se elaboró la Figura N° 10, además se puede apreciar que la velocidad del viento (en nudos), es más fuerte en la estación de Santa Cruz, seguidas por las estaciones del sector norte, y de menos intensidad las del sud. Siendo los vientos desde el norte, noreste y noroeste los más fuertes, y excepcionalmente desde el sud.

Figura N° 10. Régimen Anual de Vientos por Porcentaje

5.3.2.c. Distribución Espacial del Promedio Anual

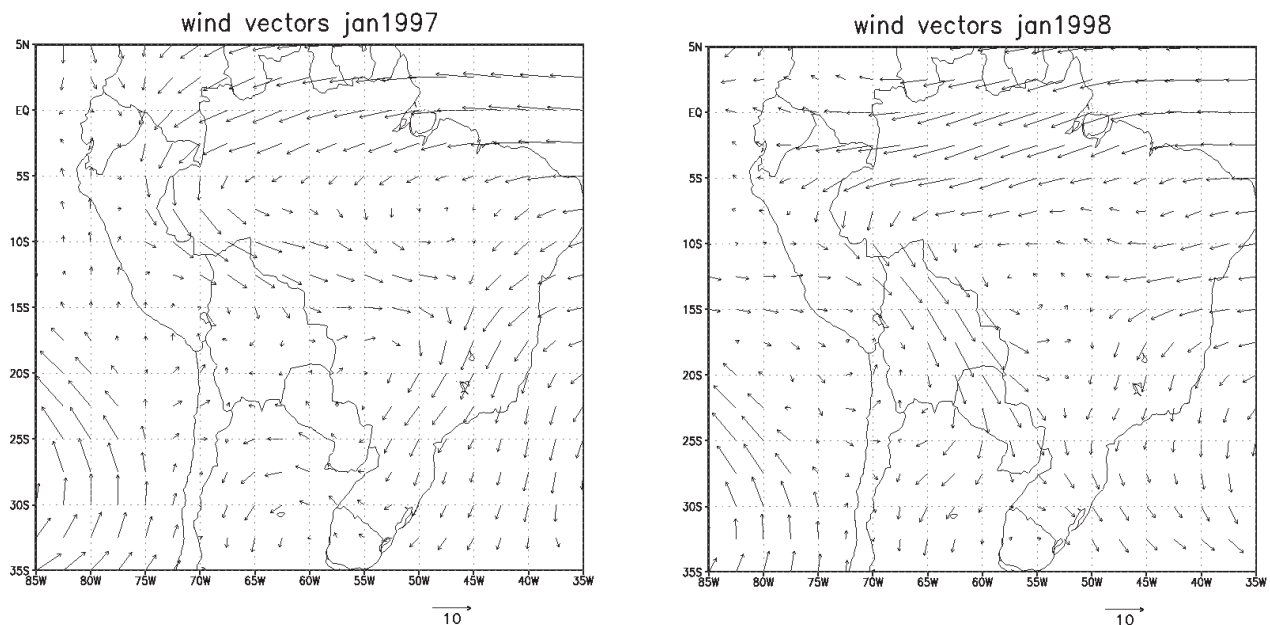
La distribución espacial del viento en tiempo real es parte de los análisis meteorológicos cotidianos en los Centros de Pronóstico del Tiempo, aunque estos análisis basan en la información actualizada del viento a diferentes niveles mandatorios, los que se obtienen por medio de observaciones de radiosondeo, globos pilot, perfiladores de viento, globos anclados, etc., además de los resultados de modelos globales de simulación del clima y tiempo. Esta metodología es también usada para ploteos de los valores en superficie.

Figura N° 11. Distribución Espacial del Viento Promedio Anual

En esta última figura, se puede apreciar que en el sector Oeste la distribución del viento tiene una dirección del Noroeste hacia el Sudeste con mayor magnitud (~10 nudos), que se reduce hacia el sector Este (~5 nudos), donde se torna a un viento proveniente desde el Norte o Noreste.

Esta distribución representa más o menos las condiciones "normales" de la dinámica del viento sobre el área de estudio, el cual varía de año en año según la interacción entre las celdas de alta presión y el movimiento de la ZCIT (ya descrito anteriormente), siendo algunos años más intenso que otros, como se muestra en la Figura N° 12 a y b, donde se tiene un claro ejemplo de la variabilidad interanual del viento, cuyo efecto se traduce en modificaciones de la conducta normal del clima sobre la región.

Figura N° 12. Variabilidad del Viento durante Enero de 1997 y 1998

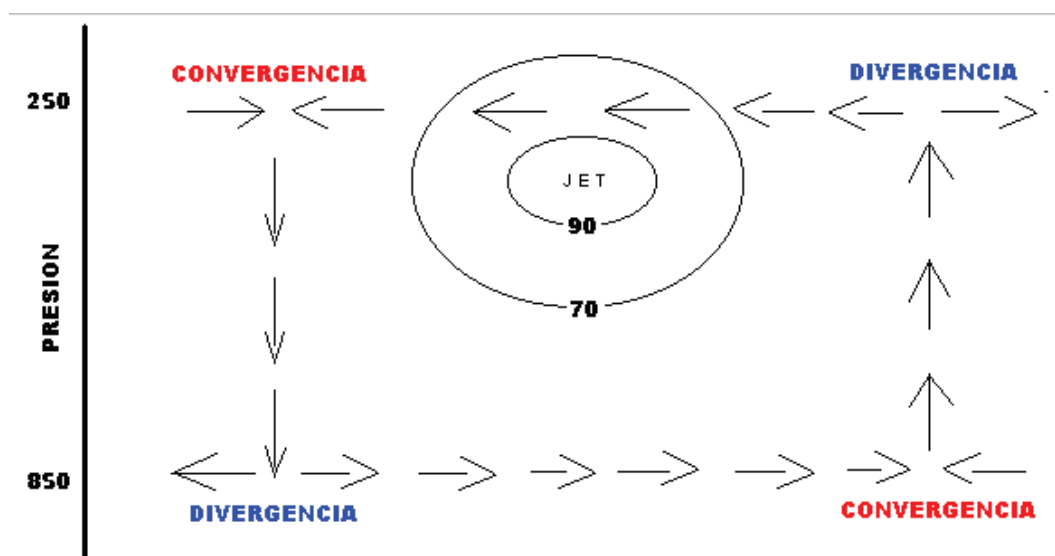


5.3.3. Vientos en Altura

Es inevitable hacer un análisis de superficie sin un análisis de altura, aunque éste sólo se remonte a la dinámica de los vientos a diferentes altitudes, puesto que las condiciones de la temperie en superficie están ligadas con la conducta en altura de la

atmósfera, y en especial con determinados niveles mandatorios, donde el efecto de la superficie activa es ligeramente perceptible (850 hPa o ~ 1500 msnm) o nada perceptible (500 hPa y 250 hPa o ~ 5500 y 10500 msnm, respectivamente), dado que en estos niveles suelen desarrollarse los límites de sistemas meteorológicos tales como las convergencias o divergencias del aire, presencia de vientos fuertes tipo Jet, etc., y que esquemáticamente se muestra en la Figura N° 13.

Figura N° 13. Relación de la Dinámica Atmosférica Vertical a diferentes Niveles



5.3.3.a. Fuente de Información

Es notable la carencia de información meteorológica en altura en gran parte de Sudamérica, limitándose esta red a unas cuantas estaciones por país. En el caso de Bolivia, antes de 1998 fueron pocos y cortos los períodos en que se hicieron observaciones de altura, las que se realizaron en la ciudad de La Paz y posteriormente en el Aeropuerto Internacional de El Alto. Aún estas escasas observaciones en Bolivia, los pronósticos meteorológicos tuvieron, y aún tienen como fuente de información los productos de los modelos globales de pronósticos y análisis del tiempo, así como los reportes de observaciones en altura de otros países de alrededor. Los pronósticos y análisis climáticos de altura cuentan con el respaldo y como fuente de información, los

productos de modelos de simulación del clima y que estos son constantemente analizados, y entonces, estos productos se conocen como Reanálisis.

Ahora bien, a partir de 1998 se estableció en Bolivia una estación de globo Pilot en la ciudad de Santa Cruz, por medio de la cual se puede obtener información de vientos en altura sobre la estación. Para 1999 se amplió estas observaciones a una red de cinco estaciones ubicadas en las ciudades de Trinidad, Santa Cruz (en esta estación se hicieron observaciones de radiosondeo), Roboré, La Paz y Uyuni, donde las observaciones se realizaron durante enero de 1999 a abril de 1999. En el año 2000 se añadió la estación de Cobija y fijándose un período de trabajo de tres años (2000 - 2002), con una observación diaria. Esta red de estaciones de observación en altura es parte de una red internacional establecida por el Proyecto Pan American Climate Studies - Sounding Network (PACS - SONENT), que forma parte de los proyectos internacionales de la National Severe Storm Laboratory (NSSL) que depende de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos de Norte América, y que tiene como objetivo estudiar y describir la variación espacial y sinóptica del viento en chorro de los niveles bajos (Low-Level Jet) de la troposfera en la región oriental de los Andes, para lo que en Bolivia se trabaja en conjunto con AASANA.

5.3.3.b. Vientos Promedios sobre Roboré

Las observaciones de 1999 mostraron la ocurrencia de vientos intensos y persistentes en los niveles bajos sobre la región Oriental de Bolivia. Estos vientos del norte, siendo más intensos en Santa Cruz, alcanzan valores máximos a niveles cerca de 1500 metros sobre el nivel medio del mar. En contraste a la situación anterior, durante el pasaje de frentes fríos provenientes del sur (Surazos), estos vientos alcanzan su mayor intensidad a alturas por debajo de los 1000 msnm. La cizalladura vertical del flujo en los niveles bajos durante episodios de surazos, es más marcada. (Douglas, et al. 2000).

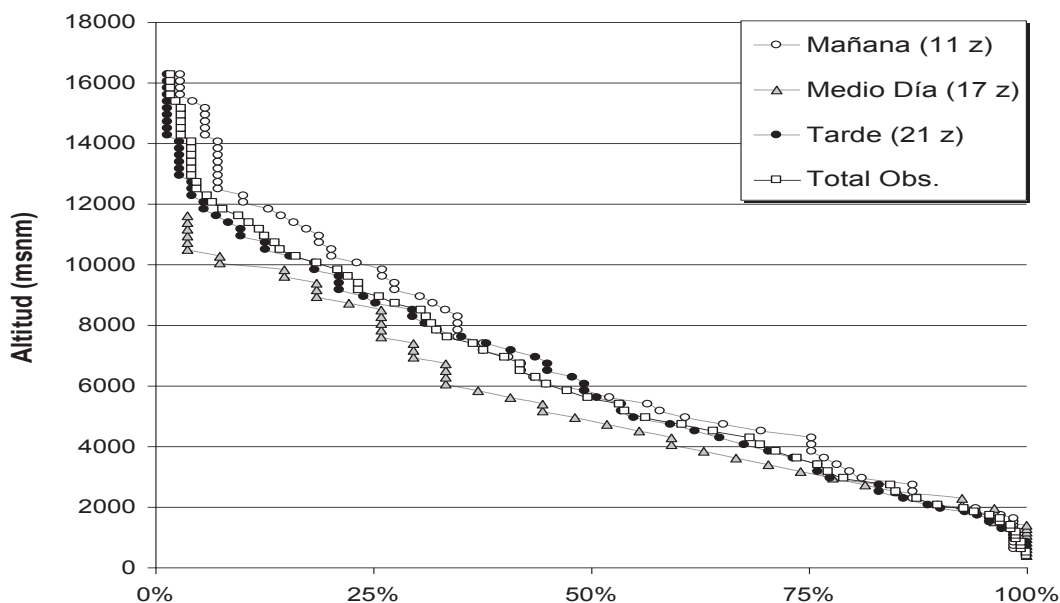
El anterior párrafo, muestra uno de los pocos resultados obtenidos hasta ahora si se considera la enorme cantidad de información que forma la base de datos de estas

observaciones, pero aún así sirve para destacar algunas de las características de esta base de datos, la que es sometida a continuos controles de la calidad de la información, por lo que, los resultados que de ella se derivan son considerados preliminares.

Para el presente trabajo y para dar una idea de las características del viento sobre la región en estudio, se analiza la información obtenida en la estación de Roboré durante la campaña de 1999, que duró desde mediados enero hasta finales del mes de abril.

En este período se registraron 167 observaciones, de las cuales el 41%, 16% y 43% fueron realizados en la mañana entre las 11:00 Z a 13:00 Z u hora UTC (7:00 a 9:00 hora boliviana), a medio día entre las 16:00 Z a 18:00 Z (12:00 a 14:00 hora boliviana) y en la tarde entre las 20:00 Z a 22:00 Z (16:00 a 18:00 hora boliviana), respectivamente.

Figura N° 13. Porcentaje de Observaciones de Globo Pilot en relación a la Altura durante 1999

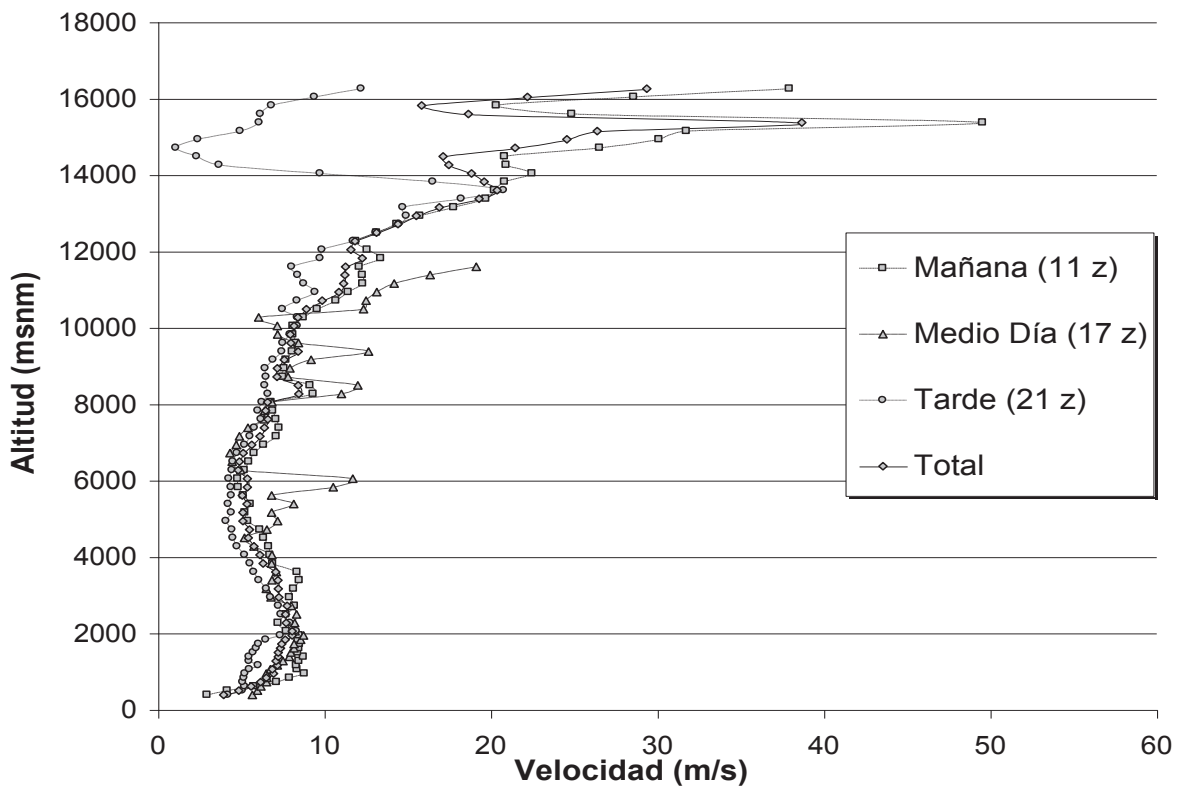


Si se considera por separado los diferentes horarios y se reproduce al 100% según se muestra en la Figura N° 13, la mayor parte de las observaciones fueron seguidos hasta por lo menos 2000 msnm y que el 50% de estas llegaron hasta aproximadamente 6000 msnm. Es interesante notar que casi no existe diferencia entre las observaciones de la

mañana (11 Z) y la tarde (21 Z). Al parecer la probabilidad de seguir una observación a niveles altos es casi la misma para la mañana que para la tarde, ello indica que la nubosidad es similar a ambas horas (por lo menos estadísticamente).

La velocidad del viento va cambiando en función de la altura por diferentes factores sinópticos y meteorológicos, tal como se puede ver en la Figura N° 14, donde se puede advertir de una zona entre los 1500 a 2500 msnm donde los vientos en esa altitud son mayores (~ 1.5 m/s) con relación al resto (~ 6.3 m/s) hasta los 6000 msnm. A partir de esta altura de 6000 m, y por lo que se puede observar en la figura, existe un gradiente ideal de aumento en la velocidad del viento a razón de ~ 2 m/s por cada kilómetro de elevación hasta llegar hasta una velocidad promedio de 38 m/s (~ 73 nudos) a una altura por encima de los 15000 msnm, donde muy bien se puede encontrar el límite de la troposfera, la Tropopausa.

Figura N° 14. Velocidad Promedio del Viento con relación a la Altura y Horas diferentes de Observación (Campaña de 1999)

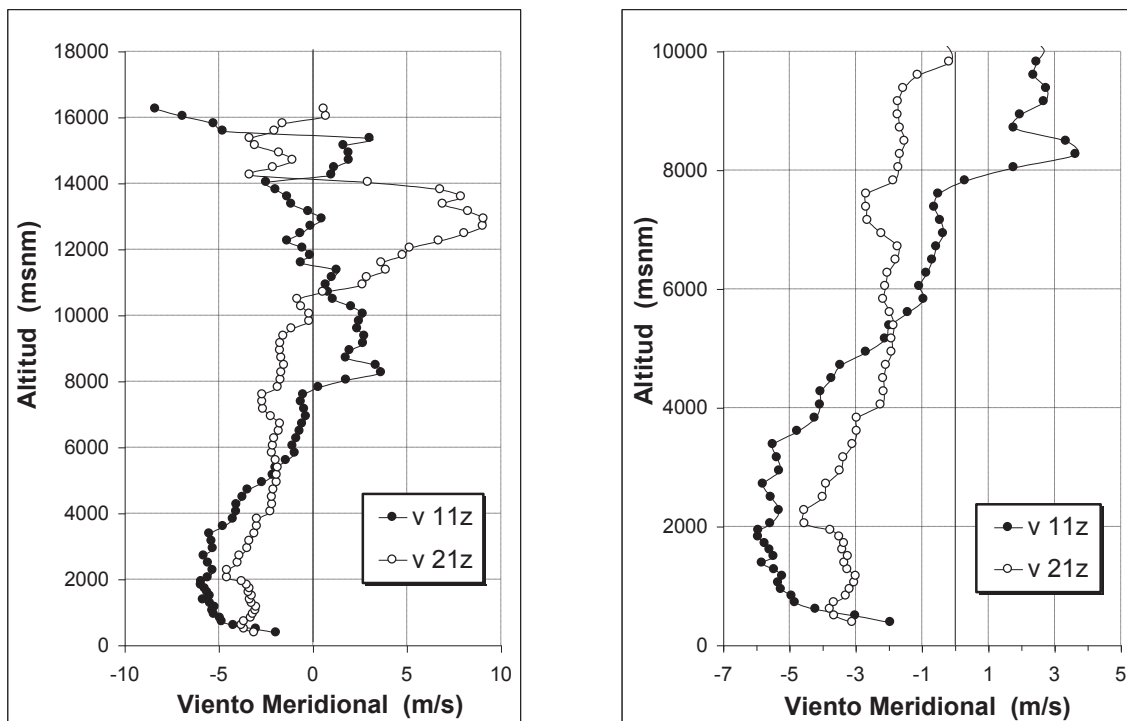


Un aspecto que es interesante y que es menos evidente en este gráfico, es que los vientos cercanos a la superficie son bastante débiles, donde los valores registrados en las observaciones de la mañana (11 Z) son más débiles que en los de la tarde (21 Z), lo que muestra el posible resultado de una estabilidad muy fuerte por la mañana, que hace disminuir los vientos cerca de la superficie, e incluso podrían registrarse valores más débiles de lo que se muestra en la figura. Por ello el uso de la información en superficie para extrapolar condiciones en altura o viceversa, debe ser tomada en forma relativa y aparente.

5.3.3.c. Viento Meridional (V)

Más allá de buscar una descripción promedio de la dirección de estos vientos y en función de la altura es más funcional el análisis vectorial de la velocidad del viento en sus componentes planas y cartesianas a través de la altura. Es decir, la componente meridional (V) o de referencia Norte a Sur, y la componente Zonal (U) o de referencia Este a Oeste.

Figura N° 15. Componente Meridional del Viento sobre Roboré



En una escala más detallada se presenta en la figura de la derecha la distribución de los vientos hasta el límite de los 10000 msnm, en cambio en la figura de la izquierda la escala permite ver los vientos y su dinámica con la altura hasta su máxima observación más allá de los 16000 msnm.

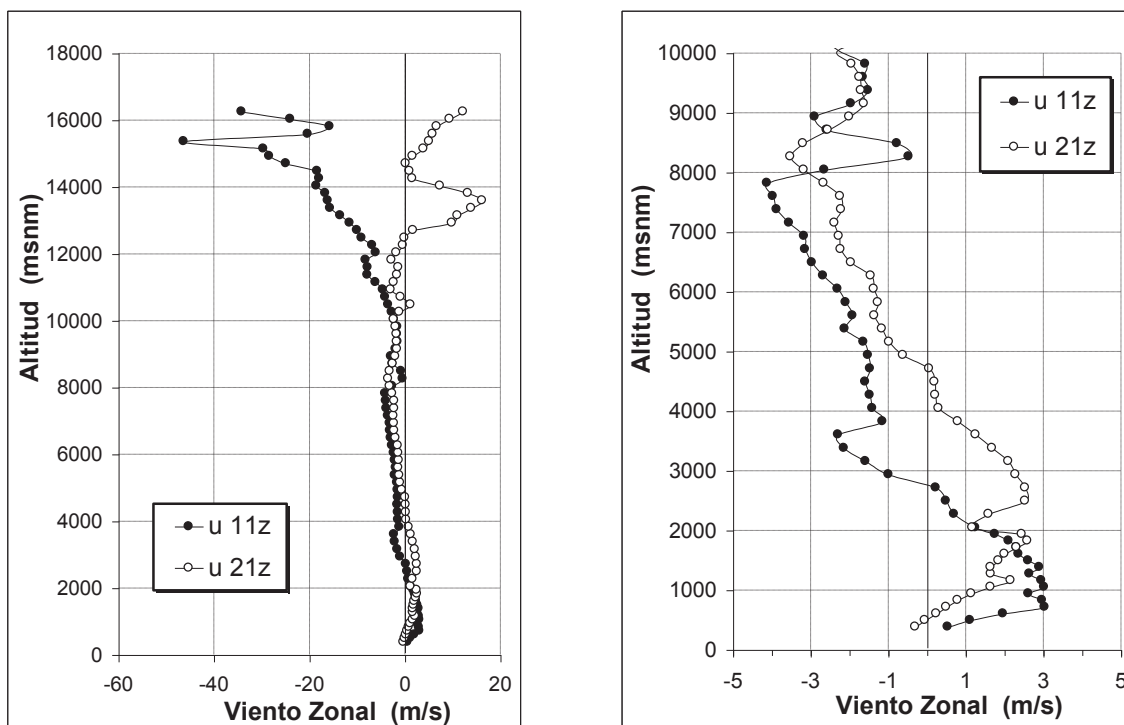
En general, se puede observar que los vientos en los niveles más bajos de la atmósfera son del Norte (valores más negativos), tornándose a vientos del Sur en niveles más altos, donde además los vientos son más intensos a comparación de los vientos de niveles más bajos.

En horas de la mañana el viento meridional es más fuerte que durante la tarde, la diferencia es de aproximadamente 1-2 m/s por debajo de los 5 Km de altura. Más arriba de este nivel las diferencias son opuestas y cuya diferencia aumenta hasta cerca de los 8.5 Km. para luego descender estas diferencias y cambiar opuestamente por encima de los 11 Km. Estos últimos detalles deben ser considerados como resultados preliminares, dado que fueron pocas las observaciones que llegaron a estos niveles.

5.3.3.d. Viento Zonal (U)

A diferencia del viento meridional, los vientos zonales en los niveles más altos (a partir de los 10 Km) son bastantes significativos e intensos respecto de los vientos en los niveles más bajos (Figura N° 16, izquierda), y al parecer, a partir de esta altura las diferencias se van incrementando entre las observaciones de la mañana y las realizadas durante la tarde. Siendo más del Oeste los vientos por la tarde, en tanto que en las observaciones de la mañana el viento zonal es marcadamente del Este, con valores muy intensos, que en promedio llegan hasta ~ 30 m/s (~ 58 nudos). Nuevamente se debe mantener la idea de que, estos resultados están en función de la cantidad de observaciones en estos niveles, y como estos son escasos por el momento, los resultados pueden ser variables, y no mostrar necesariamente la conducta normal del viento sobre la región, de cualquier forma estos son los primeros resultados con información real.

Figura N° 16. Componente Zonal del Viento sobre Roboré



La figura de la derecha, muestra que los vientos zonales de la mañana son más del Oeste a alturas menores de 1.5 Km, con relación a los de la tarde, así mismo por encima de los 1.5 Km los vientos son más del Este por la mañana en ~ 1 m/s de diferencia hasta los 8 Km de altitud, a partir de esa altura hasta los 10 Km y en general, la predominancia es variable e insignificadamente diferente.

En comparación con los vientos meridionales, los vientos zonales en los niveles más bajos son menos variable y menos intensos, lo que indica que en estos niveles la dirección del viento sobre la región está en mayor relación con el viento meridional.

Además, si se consideran las variaciones del viento zonal y meridional en conjunto, los vientos son (comparado con el valor promedio) del Noroeste a alturas menores de 1.5 y 2.5 Km, y del Noreste arriba de los 1.5 y 2.5 Km en la mañana y en la tarde, respectivamente.

5.4. HUMEDAD AMBIENTAL

5.4.1. Introducción

Se entiende por *humedad* la cantidad de vapor presente en el aire. Es preciso distinguir los conceptos de mayor uso para referirse cuantitativamente a dicha humedad.

Humedad Absoluta, es la cantidad de gramos de vapor de agua que idealmente puede contener un metro cúbico de aire. Por tanto, la humedad absoluta constituye la densidad del vapor de agua existente en el aire.

Humedad Relativa, es la relación expresada en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura. Esta relación se obtiene a partir de la tensión de vapor actual y la tensión máxima de saturación. (Ayllón, T. 1996).

Existen otras unidades de medida para fines particulares, pero la más sencilla es la Humedad Relativa.

La capacidad de contención de vapor de agua del aire aumenta si la temperatura se eleva, resulta que la humedad relativa varía de acuerdo con la temperatura, sin que esas variaciones signifiquen necesariamente que ha variado la cantidad real de vapor de agua existente en el aire.

Suponiendo que en un momento dado la temperatura del aire es de 18 °C, con 70% de humedad relativa. Si la temperatura aumenta a 28 °C, la humedad relativa desciende a 40%, debido a que la capacidad de contención del vapor de agua aumentó con la temperatura y, por tanto, el aire a 28 °C necesita más vapor de agua para saturarse que a 18 °C. La cantidad de gramos de vapor de agua (humedad absoluta) no varió.

El concepto de humedad relativa tiene importancia en la climatología, porque es un factor en la determinación de los tipos de clima. Además, la sensación de confort se relaciona básicamente con la humedad relativa, por lo que se tiene en cuenta en el uso del aire acondicionado en fábricas y edificios.

La humedad absoluta, desde el punto de vista de acción sobre el organismo, es un concepto inútil, porque el hombre acostumbra a llamar "seco" a un aire que acaso contiene mucho más vapor de agua que otro "muy húmedo", pero cuya temperatura difiere bastante. El aire es tanto más insoportable a la misma temperatura en climas cálidos, cuanto mayor humedad relativa tiene. Es ésta la que determina que el aire se califique de seco o de húmedo. Es la que, con la temperatura, motiva la necesidad de agua de los organismos y la evaporación. Las sustancias orgánicas son muy sensibles a ella.

5.4.2. Régimen Mensual y Anual

Es normal que exista muy pocas estaciones que registren este parámetro meteorológico, ya que para su registro es necesario contar con un Psicrómetro, que no es muy común para estaciones que no tengan una caseta meteorológica, además de tablas de conversión las cuales no mucha gente está capacitada en su uso. Entonces estas mediciones se hacen de alguna manera exclusivas a estaciones sinópticas, climatológicas ordinarios y agrometeorológicas principales. Por lo tanto para el presente estudio se trabajó con la información registrada en las estaciones de AASANA y que se encuentran cerca del área de estudio.

Una vez más no es muy significativo la variabilidad interanual frente a la conducta normal o promedio de una serie histórica de varios años, por lo cual se trabajó con toda las estaciones y que su información esté disponible, y considerando básicamente los registros dentro el período de análisis de este estudio.

Estas estaciones y su régimen se presentan en el Cuadro N° 9, donde se puede observar que la mayoría de las estaciones tienen sus registros a partir de 1993, cuando se uniformó el instrumental y el método de cálculo entre la mayor parte de ellas.

Cuadro N° 9. Estaciones y su Régimen de Humedad Relativa

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom	Período
San Matías	78	80	81	80	80	70	70	65	64	68	73	77	73.8 %	93 - 00
S.I. Velasco	77	80	80	79	78	65	65	61	61	65	72	76	71.6 %	93 - 00
Concepción	80	80	81	79	78	65	65	61	61	66	74	79	72.4 %	93 - 00
San Javier	83	84	85	82	81	71	71	66	67	72	77	82	76.8 %	93 - 00
San Julián	83	84	85	84	86	83	79	76	75	74	78	84	80.9 %	86 - 92
Sta. Cruz	77	76	76	77	77	70	67	61	59	64	66	76	70.4 %	86 - 00
S.J. Chiquitos	70	73	75	73	71	65	59	55	54	57	65	70	65.4 %	93 - 00
Roboré	71	74	76	77	77	73	65	61	60	62	68	72	69.6 %	93 - 00
Pto. Suárez	78	79	80	79	79	74	70	67	66	67	70	76	73.8 %	86 - 00

En este cuadro se puede apreciar, que en la zona de estudio o próximos a ella, en la mayoría de las estaciones y en todo el año, la humedad del aire es alta (por encima del 60%), con excepción de la estación de San José de Chiquitos, que tiene valores promedios por debajo del 60% entre los meses de Julio a Octubre.

Existe un régimen anual de la humedad relativa, de tipo monomodal para todas las estaciones, donde los mayores niveles de humedad se encuentran entre los meses de febrero a mayo, los que se relacionan con la época de lluvias con uno o dos meses de diferencia. Que por la transpiración de la extensa vegetación desarrollada en esta época del año, evaporación del agua interceptada por la vegetación y el suelo, la entrada de masas húmedas provenientes de la Amazonía, y la irrupción esporádica de aire frío, produce que en esta época del año aumente el vapor de agua en el aire, haciendo que el ambiente sea más húmedo, (Figura N° 17).

Entre los meses de agosto a octubre, los valores de humedad son los más bajos del año, siendo el mes de septiembre donde se registra el más bajo. Esto se relaciona con las pocas lluvias durante esta época, reducción de la cobertura vegetal caducifolia, presencia de masas frías y muchas veces secas, etc. Aunque si se compara este valor

con la temperatura media ambiental par esta época, estos se encuentran dentro el límite superior de la zona de confort para vida humana, lo que no necesariamente esta relacionado con el desarrollo vegetativo de plantas y animales.

Las estaciones ubicadas hacia el Noroeste del área de estudio son escasamente más húmedas que el resto de las estaciones, siendo en promedio la estación de San José de chiquitos la más seca.

Figura N° 17. Régimen Mensual y Anual de la Humedad Relativa

6. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

6.1. ANTECEDENTES

El *Clima* de un lugar es el conjunto de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado habitual de la atmósfera en aquel lugar, quedando por tanto, excluidas las anomalías de ese estado. Koeppen lo define como "el estado medio y proceso ordinario del tiempo de un lugar determinado". En realidad puede decirse que el "clima de un lugar" es una situación atmosférica imaginaria en que habría los valores medios de la temperatura, humedad, viento, precipitación, etc., observados durante un largo tiempo. (Cañedo-Arguellas, E. 1947; Ayllón, T. 1996).

Existen varios sistemas de clasificación del clima; entre los más conocidos se encuentra la del climatólogo francés De Morttone, el cual establece alrededor de 40 tipos de climas, por lo que resulta muy complejo su uso. En 1931, el climatólogo estadounidense C.W. Thornthwaite estableció un método de clasificación basado en un *índice de efectividad de la precipitación*, el cual se relaciona con la precipitación, evaporación y temperatura. En 1948 presentó un nuevo método, donde tomó como idea fundamental de todo el sistema la evapotranspiración. La clasificación propuesta por el climatólogo alemán Wilhelm Koeppen, continuador de la obra de Hann, es una de las más aceptadas universalmente. Establece únicamente cinco zonas climáticas, con 13 categorías de climas. (Ayllón, T. 1996). Salvador Rivas-Martínez en los últimos años viene probando un sistema de clasificación con base en la obtención de índices a partir de la precipitación, temperatura y la evapotranspiración, la bondad de este sistema de clasificación, es su estrecha relación con las masas de vegetación y la variación por efecto de la topografía. (Rivas-Martínez, S. 2000).

6.2. CLIMA DEL BOSQUE CHIQUITANO

El Bosque Chiquitano por su ubicación latitudinal (entre 16° a 19° Lat. Sud) respecto del ecuador y su cercanía al Trópico de Capricornio, se califica como un bosque Tropical.

Ello es corroborado por otros sistemas de clasificación climática, donde toman como variable la temperatura media multianual ó las temperaturas medias mensuales, por encima de 20 °C para clasificar un lugar como perteneciente a las Zonas Tropicales, lo que todas las estaciones cercanas al Bosque Chiquitano cumplen con ésta condición.

Siguiendo el sistema de clasificación de Koeppen, el Bosque Chiquitano se clasifica como una región de Clima Tropical Lluvioso (A), por tener en promedio una temperatura media multianual encima de 20 °C (ver análisis del régimen térmico), así como, con un período secoinvernal de sabanas (w), por tener en promedio para todo el bosque en los meses menos lluviosos, valores por debajo de 40 mm (ver análisis del régimen pluviométrico); en otras palabras, el Bosque Chiquitano tiene una nomenclatura promedio según Koeppen de Aw (Sabana Tropical con estación secoinvernal).

Para entender mejor la clasificación de los ritmos o regímenes climáticos en base a la información individual de las estaciones dentro o próximas al Bosque Chiquitano, éstas son valorados a través del método de las *Curvas Ombrotérmicas de Gaussen o Climagramas*, que es la relación gráfica entre los regímenes de precipitación mensual y la temperatura media mensual, donde se considera en los gráficos que por cada 10 °C corresponden 20 mm de lluvia. (Pagney, P. 1985).

Por medio de estas curvas se pueden diferenciar los meses lluviosos que conforman el o los períodos húmedos y aquellos con menos lluvias que se encuentran en el o los períodos secos. En la Figura N° 18, se presentan los Climagramas para las estaciones que se encuentran en cercanías del área de estudio.

En esta figura se puede advertir que, las curvas ombrotérmicas de todas las estaciones, en general, tienen un mismo ritmo climático de Tropical Monzónico con una estación húmeda en el verano (Húmedaestival) de Noviembre a Marzo y otra seca en el invierno (Secoinvernal) de Abril a Octubre. Siendo el mes de Enero el más húmedo y Julio el mes más seco. Estos resultados son similares a aquellos obtenidos en el análisis pluviométrico y sus regímenes.

En base a la relación de estos parámetros (precipitación y temperatura) y el de la evapotranspiración, el sistema de clasificación climática propuesto por Salvador Rivas-Martínez construye índices bioclimáticos sencillos que le permite hacer una clasificación más detallada del clima de un lugar. Entre estos índices los más importantes para la clasificación climática, son: Índice de Humedad de Thornthwaite, Índice Ombrotérmico Anual y Índice de Termicidad, Índice Ombrotérmico del bimestre más Seco.

Figura N° 18. Curvas Ombrotérmicas sobre el Área de Estudio

El *Índice de Humedad de Thornthwaite* (IH), expresa el porcentaje del exceso o déficit de la precipitación anual respecto a la evapotranspiración anual obtenida por el método del mismo autor. El *Índice Ombrotérmico Anual* (Io), es la relación entre la precipitación total anual dividida por la suma de la temperatura media mensual de los meses donde la temperatura media mensual es mayor a 0 °C., el cual se usa para determinar el Ombrotipo de un lugar, el *Índice de Termicidad* (It), que es la suma en décimas de grado de la temperatura media multianual, la temperatura media máxima del mes más frío y la temperatura media mínima del mes más frío, y que se usa para determinar el Termotipo de un lugar, el *Índice ombrotérmico del bimestre más Seco* (Iod₂), que es la relación entre la suma de la precipitación de los meses más secos consecutivos, dividida por la sumatoria de la temperatura media mensual de dichos meses más secos.

Cuadro N° 10. Índices Bioclimáticos por Estación Meteorológica

Estación	IH	Tipo Climático	Io	Ombrotipo	It	Termotipo	Iod ₂	Bioclima
San Matías	-18.2	Seco a Subhúmedo	4.20	Subhúmedo Inferior	672	Termotropical Inferior	0.65	Tropical Pluviestacional
S.I. Velasco	-17.6	Seco a Subhúmedo	3.65	Subhúmedo Inferior	618	Termotropical Inferior	0.79	Tropical Pluviestacional
Concepción	2.9	Subhúmedo a Húmedo	4.36	Subhúmedo Inferior	610	Termotropical Superior	1.25	Tropical Pluviestacional
San Javier	21.8	Húmedo Inferior	4.99	Subhúmedo Superior	591	Termotropical Superior	1.44	Tropical Pluviestacional
San Julián	4.1	Subhúmedo a Húmedo	4.29	Subhúmedo Inferior	568	Termotropical Superior	1.62	Tropical Pluviestacional
Sta. Cruz	10.4	Subhúmedo a Húmedo	4.84	Subhúmedo Superior	606	Termotropical Superior	2.56	Tropical Pluvial
Pailón	-23.1	Seco a Subhúmedo	3.55	Seco Superior	648	Termotropical Inferior	1.94	Tropical Pluviestacional
S.J. Chiquitos	-23.5	Seco a Subhúmedo	3.52	Seco Superior	633	Termotropical Inferior	0.97	Tropical Pluviestacional
Roboré	-23.7	Seco a Subhúmedo	3.54	Seco Superior	646	Termotropical Inferior	1.15	Tropical Pluviestacional
Pto. Suárez	-23.8	Seco a Subhúmedo	3.72	Subhúmedo Inferior	642	Termotropical Inferior	1.22	Tropical Pluviestacional

Rivas-Martínez indica que, los valores del índice de termicidad y la vegetación han demostrado una correlación bastante satisfactoria en los climas cálidos y templados. En los fríos con valores de It inferiores a 120, resulta más significativo y preciso el

empleo del valor de la temperatura positiva anual (Tp), o sea, la suma en décimas de grado de las temperaturas medias de los meses de media superior a 0 °C. Estos índices obtenidos para las estaciones próximas al Bosque Chiquitano se presentan en el Cuadro N° 10.

En este cuadro se puede advertir que las características bioclimáticas de las diferentes estaciones son algo diferentes, aunque no muy significativamente, en general se puede resumir que el área de estudio tiene un bioclima predominante de tropical pluviestacional (Trps), con un ombrotipo subhúmedo a seco (Shu a Dry), un termotipo termotropical (Ttr), y un tipo climático de seco a húmedo (C₁ a C₂ a B₁).

Si se considera únicamente las estaciones dentro el área de estudio (San Matías, San Ignacio de Velasco, San José de Chiquitos, Roboré y Puerto Suárez), se puede distinguir que el sector Noreste y el sector Este tienen un ombrotipo subhúmedo inferior (Shu.i); en cambio, el sector Sudoeste tiene un ombrotipo seco (Dry), lo que se relaciona con la distribución espacial de la lluvia y el gradiente de Noreste hacia Sudoeste. En tanto, y en base a estas estaciones se puede decir que, para el Bosque Chiquitano se tiene un mismo termotipo termotropical (Ttr), tal vez debido a la poca diferencia altitudinal entre las estaciones. Así mismo, por el análisis de la información de estas estaciones en conjunto, se concluye que el Bioclima para el Bosque es Tropical pluviestacional.

Cuadro N° 11. Clasificación Ombrotérmico Mensual de las estaciones Meteorológicas dentro el Bosque Chiquitano

Estación	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
San Matías	3	4	4	5	6	7	7	7	7	6	4	3
S.I. Velasco	3	3	5	5	6	6	7	7	6	5	5	4
S.J. Chiquitos	3	4	4	5	6	6	7	6	6	5	5	4
Roboré	4	4	4	5	6	6	6	6	6	5	5	4
Pto. Suárez	4	4	4	5	6	7	7	6	6	5	5	4
Promedio	3 a 4	4	4	5	6	6 a 7	7	7 a 6	6	5	5	4

Relación: 3 = Árido; 4 = Semiárido; 5 = Seco; 6 = Subhúmedo; 7 = Húmedo

Por último, la determinación del *Índice Ombrotérmico Mensual* (Iom), que se obtiene por medio de la división entre la precipitación total mensual y la temperatura media mensual, nos sirve para determinar la relación ombrotérmica intermensual.

En el Cuadro N° 11, se puede observar en forma más detallada el comportamiento de la lluvia sobre el área de estudio, siendo éste de carácter estacional marcadamente en los meses de Noviembre a Marzo y de característica pluviotermal subhúmeda, donde el mes más húmedo es Enero. El período seco va de Abril a Octubre, con característica pluviotermal semiárido de Junio a Septiembre, siendo Julio el mes más árido.

Por todo ello y en forma general, el Bosque Chiquitano se caracteriza climáticamente como una región Tropical con una precipitación promedio de 1100 mm/anual, distribuida en un 75% dentro un período subhúmedo a húmedo entre Noviembre y Marzo (verano del Hemisferio Sur) y un período seco a árido entre Abril a Octubre, siendo Enero el mes más húmedo y Julio el mes más árido, cuya oscilación térmica es poco variable en el transcurso del año, y que permite clasificar a la región como cálida, con una temperatura media de 25.3 °C.

7. CONCLUSIONES

- Las estaciones de observación y el período de análisis (1986 - 2000) han sido elegidas con un criterio de amplia representatividad de la información, lo que por peso propio, sustentan el análisis realizado en este trabajo. La escasez de estaciones de observación dentro el Bosque Chiquitano, ha sido un factor limitante en la precisión de la distribución sinóptica de los parámetros meteorológicos.
- Después de un detallado control de la calidad de la información meteorológica, se concluye que estas tienen algunas carencias en coherencia y consistencia, lo que reduce el nivel de la confiabilidad de esta información (~70%), pero estas al ser tratadas con sistemas de control, homogeneidad y consistencia, elevan un tanto por ciento la confiabilidad de esta información (15% a 25%).
- Se comprueba una vez más que en Bolivia existe una gran heterogeneidad en el clima y de las condiciones atmosféricas regionales, que se relaciona con las características fisiográficas de la zona de la Cordillera de los Andes y las tierras bajas orientales.
- Se identificó que todo el área de estudio y sus alrededores, tienen un mismo régimen pluviométrico, con un período de lluvias de octubre a abril, con máximos en Enero, y un período de estiaje de mayo a agosto, con mínimos en Julio.
- La estación de Candelaria, cuenta con algunos años de registro en precipitación y temperatura, pero la inconsistencia de su información pluviométrica, respecto de la distribución de este parámetro en su entorno, hace necesario la implementación de algunas observaciones especiales, para verificar la relación de esta información con su medio.
- En la distribución espacial de la precipitación a nivel anual, se puede observar un gradiente que va desde la margen noreste del área de estudio y sus alrededores,

con una mayor precipitación (> 1300 mm), hacia la margen sudoeste donde las lluvias son menores (< 1000 mm). Además de, una zona de mayor precipitación respecto de su entorno sobre la Serranía de Santiago, con una lluvia de más de 1100 mm al año.

- La lluvia en el período húmedo o lluvioso (Octubre a Abril), tiene una similar conducta a la distribución anual, con mayores valores en la región noreste (> 1000 mm) y menores lluvias en el lado sudoeste (alrededor de 700 mm).
- En cambio, en el período seco o menos lluvioso (Mayo a Septiembre), se invierte el gradiente identificado a nivel anual y del período lluvioso; es decir, se tiene mayores lluvias en la margen sudeste (alrededor de 300 mm), que en la parte norte a noreste con cerca de 200 mm. También se puede advertir una diferenciación de más lluvia sobre la serranía de Santiago.
- El proceso de formación de lluvia y su distribución es diferente en las tierras bajas, la que se relaciona estrechamente con el movimiento aparente de la ZCIT, siendo este tipo de lluvias de tipo advectivo.
- El régimen térmico es similar para todo el área de estudio y sus alrededores, donde los mayores valores se concentran en los meses de septiembre a marzo, con un máximo en el mes de Octubre; mientras que, las bajas temperaturas se sitúa entre los meses de junio a agosto, donde la temperatura media más baja tienen lugar en julio. En general, las temperaturas medias mensuales tienen un régimen estacional similar al de las precipitaciones (de tipo monomodal), y eventualmente similar en el régimen de las temperaturas máximas y mínimas.
- La temperatura es menos aleatorio que la precipitación y su distribución sobre el área de estudio muestra un gradiente descendiente de Noreste (~ 26.5 °C) hacia a Sudoeste (~ 25.5 °C), a la vez de otro gradiente de mayor importancia, que va desde el Sudeste (~ 25.5 °C), en dirección del Noroeste donde las temperaturas medias

son ~ 24.0 °C. Por lo tanto, se puede pensar de un gradiente ideal de Este hacia Oeste.

- Se puede considerar para la región como Gradiente Térmico, el valor de -4.6 °C por cada 1 Km de altitud, a una temperatura ficticia de 26.4 °C a nivel medio del mar.
- En la distribución de la temperatura durante el período húmedo, se puede apreciar que se hace más importante el gradiente de Sudeste (~ 27.5 °C) hacia Noroeste (~ 25.5 °C). En cambio en el período seco, la gradiente del Noreste (~ 25.0 °C) hacia el Sudoeste (~ 23.5 °C), es más sobresaliente. Aunque en forma general, la distribución de la temperatura para ambos períodos, tiene similares características a las isolíneas a nivel anual.
- En promedio, el viento superficial sobre el área de estudio y sus alrededores, en gran parte del año obedece a un régimen de vientos desde el norte a noroeste hacia el sur a sudeste (excepto la región cercana a Puerto Suárez). Siendo excepcionales, las condiciones predominantes de calma, o vientos provenientes de otras direcciones.
- Las observaciones del viento en altura es posible gracias a la implementación del proyecto PACS - SONET, quienes operan una red de seis estaciones en Bolivia, de la cuales una está ubicada sobre Roboré y que sirve para buscar una caracterización de la dinámica del viento en altura sobre la región.
- La mayor parte de las observaciones en altura fueron seguidos hasta ~ 2 Km y el 50% de estas llegaron hasta ~ 6 Km de altitud, donde muy bien se pueden situar el techo o nivel de las nubes cúmulos (nubes bajas) y cirrocúmulos (nubes bajas), respectivamente, y muy frecuentes en la región.
- No existe diferencia entre las observaciones de la mañana (11 Z) y la tarde (21 Z). Al parecer la probabilidad de seguir una observación a niveles altos es casi la misma

para la mañana que para la tarde, ello indica que la nubosidad es similar a ambas horas (por lo menos estadísticamente). Llegándose a realizar observaciones por encima de los 15 Km de altura, donde muy bien puede encontrarse la Tropopausa.

- Se puede advertir de una zona entre los 1500 a 2500 msnm donde los vientos en esa altitud son mayores en ~ 1.5 m/s, más que el resto (~ 6.3 m/s) hasta ~ 6 Km.
- La dirección del viento sobre la región y en niveles bajos, está en mayor relación con el viento meridional, por ser éste más variable e intenso que el viento zonal.
- Si se consideran las variaciones del viento zonal y meridional en conjunto, los vientos comparado con el valor promedio, son del Noroeste a alturas menores de 1.5 (2.5) Km, y del Noreste arriba de los 1.5 (2.5) Km en la mañana (en la tarde).
- En la mayoría de las estaciones y en todo el año, la humedad relativa del aire es relativamente alta (por encima del 60%). Con un régimen anual de tipo monomodal.
- Los mayores niveles de humedad se encuentran entre los meses de febrero a mayo, los que se relacionan con la época de lluvias con uno o dos meses de diferencia. En tanto que en los meses de agosto a octubre, los valores de humedad son los más bajos del año, siendo el mes de septiembre donde se registra el valor más bajo.
- Las zonas ubicadas hacia el Noroeste del área de estudio son escasamente más húmedos que el resto del área de estudio, siendo en promedio la región de la estación de San José de Chiquitos la más seca.
- El Bosque Chiquitano se caracteriza climáticamente como tropical, y según el sistema de Köppen, como una región de sabana tropical con una estación secoinvernal. En tanto, el sistema Bioclimático lo clasifica como una región Tropical pluviestacional, subhúmedo a húmedo en el período lluvioso, seco a árido en el período menos lluvioso, y térmicamente como termotropical cálido.

8. RECOMENDACIONES

- Durante los eventos de El Niño, la distribución de la temperatura y la precipitación es irregular, con incrementos y disminuciones en diferentes partes de Bolivia. Al parecer, esto se debe a la presencia de un jet en niveles bajos e intermedios, y la intensificación de los vientos del oeste (westerlies) en altura. Pero se hace necesario realizar más investigación para definir mejor estas relaciones.
- Es muy difícil conceptualizar la compleja dinámica atmosférica como algo simple y estático, lo cual en su entendimiento promueve errores de apreciación, el que puede ser superado con un constante proceso de investigación, y mantener vigente y quizás aumentar la red de observación, ya sea en superficie como en altura.
- Es necesario prever la instalación de por lo menos dos estaciones de observación dentro el Bosque Chiquitano, (una de ellas ubicada cerca de la Serranía San Diablo, y la otra, entre la serranía Lucuma y Las Conchas), lo que será de gran utilidad para despejar las dudas e incógnitas sobre la distribución de las isóneas meteorológicas.
- La variabilidad de la lluvia cambia rápidamente cuando decrecen las cantidades de lluvia. Ocasionalmente la presencia de fuertes chubascos puede influir marcadamente en el valor total. El resultado es que la variabilidad aumenta considerablemente lo cual hace que los valores medios tengan una utilidad limitada.
- Los elementos climáticos analizados por separado en este trabajo, deben entenderse que no actúan independientemente de los ciclos biológicos y que el estudio analítico de sus efectos resulta con frecuencia ilusoria; sin embargo, el considerar todos estos ciclos simultáneamente, exige un número muy grande de datos y un complejo tratamiento estadístico. Este aspecto, puede superarse si se trata de combinar varios factores en un sólo índice agroclimático y considerarlo como un parámetro complejo, el cual puede ser comparado con mayor facilidad con los datos biológicos.

- Debido a los resultados de varios estudios que indican, que existe un cambio en el comportamiento pluvial sobre territorio boliviano en la década de los años '70 -por tanto del comportamiento climático-, se establece que los análisis climáticos realizados antes de esos años, hoy ya no muestran el grado de precisión con que fueron elaborados en ese entonces, específicamente nos referimos al Mapa Ecológico de Bolivia, el cual aún es utilizado como una fuente de diagnóstico climático por diferentes estudios e instituciones. Pero, en su uso debe entenderse a este como una referencia climática, y no como el diagnóstico del régimen climático de una región, para así evitar errores de entendimiento.
- Gran parte de la información utilizada en este informe es histórica, lo que debe tenerse en consideración en el uso de los resultados de este trabajo y estos deben ser manejados bajo términos de tendencias climáticas en toda la región y en especial en el área involucrada con el Bosque Chiquitano y sus alrededores.
- La caracterización climática del Bosque Chiquitano representa las condiciones promedios y de análisis de la serie histórica en las dos últimas décadas, el cual debe ser contrastado con un análisis multitemporal con una serie histórica mas extensa, además de comparar estos resultados con aquellos de los años con régimen pluvial húmedos, secos y "normales".
- Por último y de forma reiterativa, se debe considerar la necesidad de obtener información meteorológica reciente, de la parte central del Bosque Chiquitano mismo, para contrastar con los resultados obtenidos en este estudio, y así poder definir en forma más precisa su diagnóstico y caracterización climática.

9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AYLLÓN, T. 1996. Elementos de meteorología y climatología. México D.F., México.

ARKIN, P. 1982; The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation. Washington, USA.

BARRY, R.G. CHORLEY, R.J., 1978. Atmósfera, tiempo y clima. Barcelona, España. 2 ed. 395p.

CANDEL, R. 1974. Atlas de Meteorología. Colección Atlas. Barcelona, España.

CAÑEDO-ARGUELLAS, E. 1947. Curso de Meteorología. Madrid, España.

DOUGLAS, M.; PEÑA, M.; VILLARPANDO, R. 2000. Special observations of the low level flow over eastern Bolivia during the 1999 atmospheric mesoscale campaign . In Extended Abstracts of the 6th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 3-7 April. Santiago, Chile. pp. 258-259.

HOREL, J.; WALLACE, J. 1981: Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation.

KILLEEN, T.J.; LOUMAN, B.T.; GRIMWOOD, T. 1990. La Ecología paisajística de la región de Concepción y Lomerío en la Prov. Ñuflo de Chávez, Santa Cruz, Bolivia. Ecología de Bolivia. 16:1-45.

MONTES de OCA, I. 1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. La Paz, Bolivia. 3 ed. EDOBOL.

OMM. 1983. Guide to climatological practices. OMM - N°100. Ginebra, Suiza. 2 ed. 98p.

PAGNEY, P. 1985. La climatologie. París, Francia. 3 ed.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 2000. Global Bioclimatics. Madrid, España. Doc. en revisión.

RONCHAIL, J. 1989. Advections polaires en Bolivie: mise en évidence des effects climatiques. La Paz, Bolivia.

SALDÍAS, M. 1991. Inventario de árboles en el bosque alto del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia.- Ecología en Bolivia 17, 31-46.

VILLARPANDO, W. R. 1997. Presencia del Fenómeno el Niño en Bolivia y su impacto socioeconómico, con énfasis en la Agricultura. Tesis de Grado.

VILLARPANDO, W. R. 1999. Estudio pluvio-climático del Parque Nacional Amboró y del Área Natural de Manejo Integrado Amboró. Informe FAN. Santa Cruz, Bolivia.

VILLARPANDO, W. R. 2000. Presence and Impact of the El Niño Phenomenon in Bolivia - Study of Case El Niño 1997/98 -. Resúmenes en Extenso de la 6ta Conferencia Internacional de Meteorología y Oceanografía del Hemisferio Sur. 3-7 de Abril. Santiago, Chile. pp. 147-148.

<http://www.dwd.de/research/gpcc/seasonizer/>

<http://www.nssl.noaa.gov/projects/pacs>

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/index.html

<http://www.cdc.noaa.gov/>

A N E X O S

Período Común de las Estaciones Base
Análisis Pluviométrico del Bosque Chiquitano

(1986 - 2000)

	San Matías	San Rafael	San Ignacio	Concepción	San Javier	Sta. Cruz	Pto. Pailas	Tres Cruces	Quimomé	San José	Roboré	Pto Suárez
1986	1277.0	724.6	946.8	1344.2	1540.6	2059.1	1438.0	846.8	596.2	1085.5	958.1	1209.1
1987	1320.6	857.4	1175.0	1299.2	1452.4	1942.6	1527.7	777.7	632.3	1096.3	1352.4	1155.0
1988	1642.5	1101.6	1082.8	1018.2	1158.0	1060.0	1290.0	442.8	573.6	1076.9	1165.5	1292.4
1989	1583.9	1187.1	1172.6	1066.8	1259.9	1509.4	1257.1	735.6	924.3	975.8	1189.2	1268.9
1990	1223.0	1121.4	1293.2	1457.4	1174.1	1346.3	1549.5	1050.5	869.7	1265.9	1239.4	1004.6
1991	1458.5	797.2	984.7	1297.2	1398.7	1579.5	1552.1	743.7	1630.6	916.3	1203.4	1216.1
1992	2013.4	980.9	1628.8	1590.4	2041.7	2248.7	1920.1	1033.7	922.9	1486.3	1484.1	1542.6
1993	925.2	607.6	658.0	823.4	1052.5	1179.0	643.7	985.6	934.7	563.6	721.6	703.6
1994	1390.6	739.7	1202.5	1469.0	1467.9	894.5	976.6	945.9	704.9	1100.2	1040.0	1195.8
1995	1070.6	882.2	917.9	1308.6	1431.8	770.3	498.0	949.3	1032.2	805.2	1166.3	1149.8
1996	1202.1	1035.6	978.7	1119.6	1525.7	1399.3	970.7	796.4	1047.0	1320.4	670.1	1162.3
1997	1095.6	887.1	853.3	1327.1	1218.1	1344.3	1317.3	1109.7	790.3	1141.6	1042.5	1018.2
1998	1718.0	1002.5	1292.7	1326.6	1562.3	1240.3	1300.3	885.5	528.5	1023.4	1124.7	1173.2
1999	1013.3	1154.6	1025.8	1146.9	1233.5	759.1	1487.5	709.9	564.3	1042.6	651.7	899.5
2000	1081.1		882.5	1097.1	1260.4	1813.9		767.0		962.1	986.2	1212.2
Media	1334.4	934.3	1073.0	1246.1	1385.2	1409.8	1266.3	852.0	839.4	1057.5	1066.3	1146.9
Des. St.	292.0	171.3	224.9	192.5	232.2	441.4	367.4	164.3	279.8	208.6	232.5	183.2
C. V.	22%	18%	21%	15%	17%	31%	29%	19%	33%	20%	22%	16%
Máximo	2013.4	1187.1	1628.8	1590.4	2041.7	2248.7	1920.1	1109.7	1630.6	1486.3	1484.1	1542.6
Mínimo	925.2	607.6	658.0	823.4	1052.5	759.1	498.0	442.8	528.5	563.6	651.7	703.6

**Período Común de las Estaciones
Análisis Termométrico del Bosque Chiquitano**

(1986 - 2000)

	San Matías	San Ignacio	Concepción	San Javier	San Julián	Sta. Cruz	Pailón	San José	Roboré	Candelaria	Pto Suárez
1986	27.6	24.3	23.8		24.4	23.9		24.8	25.0		25.7
1987	27.4	24.6	23.8	22.9	23.2	23.9		25.3	25.3		25.7
1988	26.9	24.1	23.3	23.0	23.0	24.2		24.8	24.7		25.0
1989	26.8	24.1	23.3	22.9	23.4	24.1		24.5	24.6	24.8	25.2
1990	25.9	24.1	23.1	23.3	22.8	24.1		24.6	25.1	24.9	25.5
1991	26.2	24.6	23.4	23.6		24.3	25.0	24.4	25.4	25.9	26.0
1992	26.1	24.0	22.9	22.6		23.5	24.2	24.0	24.4	24.7	25.5
1993	26.6	24.5	23.5	23.2		24.1	24.6	25.5	25.6		26.0
1994	26.8	24.7	23.9	23.3		25.0	25.8	26.0	24.9		26.7
1995	26.5	24.7	24.1	23.3		24.6	26.5	25.9	25.9		25.8
1996	26.2	24.4	24.2	22.8		23.9	24.9	24.7	25.0		25.3
1997	26.9	25.5	24.9	23.5		25.3		25.7	26.0		26.2
1998	26.7	24.9	24.5	23.3		24.8		25.2	24.9		25.7
1999	26.6	24.6	24.5	23.3		24.4		25.3	25.0		25.7
2000	26.4	24.3	24.2	23.2		24.1		24.7	24.9		25.3
Media	26.6	24.5	23.8	23.2	23.4	24.3	25.2	25.0	25.1	25.1	25.7
Des. St.	0.4	0.4	0.6	0.3	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4	0.5	0.4
C. V.	2%	1%	2%	1%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%
Máximo	27.6	25.5	24.9	23.6	24.4	25.3	26.5	26.0	26.0	25.9	26.7
Mínimo	25.9	24.0	22.9	22.6	22.8	23.5	24.2	24.0	24.4	24.7	25.0

Período Común de las Estaciones
Análisis Psicrométrico del Bosque Chiquitano

(1986 - 2000)

	San Matías	San Ignacio	Concepción	San Javier	San Julián	Sta. Cruz	San José	Roboré	Pto Suárez
1986					74.0	77.4		69.4	69.8
1987					79.6	72.0		65.3	71.2
1988					77.0	68.9		65.0	71.5
1989					80.1	70.4	68.0	66.9	74.4
1990					83.0				73.5
1991					85.9				72.8
1992					87.0	76.0			76.5
1993	69.2	67.9	68.0	74.0		70.8	60.7	61.6	70.2
1994	70.4	70.9	71.5	76.6		68.4	62.3	66.3	68.8
1995	69.7	68.4	68.3	74.4		68.0	63.3	68.1	71.5
1996	76.6	71.7	73.3	77.6		70.4	71.6	73.7	76.8
1997	76.5	71.3	74.5	77.6		69.6	66.1	73.3	77.5
1998	79.0	74.1	75.2	78.3		67.3	66.1	76.0	79.6
1999	75.1	72.2	72.6	74.8		64.1	61.1	73.3	74.7
2000	73.6	73.2	74.0	77.5		68.8	65.2	73.5	77.6
Media	73.7	71.2	72.2	76.3	80.9	70.2	64.9	69.4	73.8
Des. St.	3.4	2.0	2.6	1.6	4.3	3.4	3.3	4.3	3.2
C. V.	5%	3%	4%	2%	5%	5%	5%	6%	4%
Máximo	79.0	74.1	75.2	78.3	87.0	77.4	71.6	76.0	79.6
Mínimo	69.2	67.9	68.0	74.0	74.0	64.1	60.7	61.6	68.8