

5.3.2 CLIMA, METEOROLOGIA Y ZONAS DE VIDA

5.3.2.1 GENERALIDADES

El presente estudio analiza las variaciones espaciales y temporales de las condiciones climáticas, meteorológicas y ecológicas del área del proyecto vial, mediante la caracterización de las principales variables climáticas que están presentes en el área de estudio. Se incide en el comportamiento de parámetros determinantes para la seguridad de las obras viales y el medio ambiente, como la precipitación y temperatura, aunque se presenta también información sobre variables de importancia más específica, como el caso de vientos, humedad, relativa, etc.

Por su especial importancia para el proyecto vial el capítulo incide en el análisis de la precipitación, variable sobre la cual se evalúan volúmenes e intensidades de lluvia para períodos climáticos normales y de lluvia excesiva, tanto sobre la base de análisis de condiciones promedio, como de ocurrencia de tormentas máximas.

Este capítulo se acompaña de un mapa climático y de un mapa de zonas de vida. El mapa climático presenta una zonificación basada en calificaciones descriptivas de los tipos climáticos del área, con denominaciones ampliamente utilizadas en el mundo por su elevado valor práctico y de fácil acceso a todo público¹. El mapa de zonas de vida es una caracterización más técnica, basada en el sistema ideado por Leslie Holdridge.

El análisis climático se ha desarrollado para dos sectores: el primero que comprende del km 300+000 al km 325+000 en selva alta, y el segundo que comprende del km 610+000 al km 710+000, en selva baja. Este análisis se efectúa sobre la base de data meteorológica registrada en las estaciones meteorológicas existentes en el área de estudio.

5.3.2.2 CLIMA Y METEOROLOGIA DEL SECTOR 1 KM 300+000 – 325+000

El clima de este sector corresponde al de la selva alta del país, concepto que está asociado a la alta pluviosidad y a temperaturas tropicales. Para realizar el análisis de los parámetros meteorológicos más importantes se tomaron datos de Quincemil, que es la única estación climatológica relativamente cercana al área de estudio, y que tiene cierta similitud en sus características geográficas con las que tiene este sector vial. El cuadro 5.3.2-1 muestra la ubicación y detalles descriptivos de la estación Quincemil.

¹ La clasificación sigue los criterios establecidos por Arthur Strhaler, en su obra "Geografía Física" (1975).

Cuadro 5.3.2-1 Estación meteorológica empleada

Estación	Propietario	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Departamento	Periodo
Quincemil	SENAMHI	13°14'	70°44'	619	Cusco	1971-2004

5.3.2.2.1 Precipitación

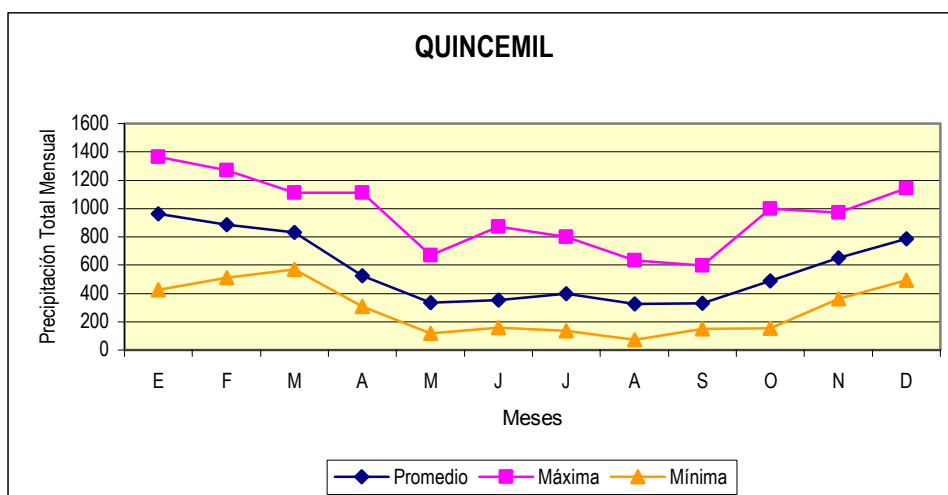
La precipitación muestra regímenes de variabilidad, principalmente en función de la orografía y la altitud. En general, la precipitación aumenta con la altitud, aunque en el corto recorrido de 25 km que tiene este tramo vial, las variaciones son pequeñas y difícilmente precisables con la escasa información meteorológica existente. Algunas características principales del clima se definen para este tramo, entre las que cabe destacar las siguientes:

- **Estacionalidad Pluviométrica**

La distribución de lluvias a lo largo del año es estacional, ya que las lluvias caen principalmente en el verano; los valores mínimos de precipitación coinciden con los meses de invierno. Los cuatro meses más lluviosos, de diciembre a marzo, pueden concentrar poco más del 50 % de la precipitación total anual. Las zonas orográficas más altas del sector selvático pueden recibir precipitaciones más abundantes en el invierno, en comparación a las zonas más bajas.

La estacionalidad de la selva alta y de este pequeño tramo, está evidenciada en Quincemil, como lo demuestra la figura 5.3.2-1; registra el valor máximo (1363,8mm) para el mes de enero y el valor mínimo (72,2mm) para el mes de agosto².

Figura 5.3.2-1 Precipitación Total Mensual



² Para el estudio de este tramo se está empleando la estación Quincemil, la cual a pesar de sus relativas cercanía y similitudes geográficas, lo más probable es que la precipitación sea considerablemente más abundante que lo que precipita en este sector evaluado. No hay forma actual de comprobarlo, aunque la mayoría de la población de Mazuko consultada sobre este aspecto, manifiesta que la lluvia es sensiblemente menor en aproximadamente 1/3.

La presencia de veranos lluviosos en la selva alta del país se debe tanto a la dominancia de la convergencia intertropical sobre la mayor parte del país durante estos meses, como a los mecanismos de condensación orográfica propios de la selva alta suroriental. En esta región, los relieves elevados de la cordillera oriental se oponen a la dirección dominante de donde vienen los vientos húmedos de la amazonía, impulsadas por las altas presiones subtropicales. Estas masas de aire húmedas, en su recorrido hacia la convergencia intertropical, se encuentran con la cordillera y los valles que descienden de las cumbres orientales. El aire se ve forzado a ascender por la orografía y sus valles, y consiguientemente pierde temperatura condensando la elevada humedad con la que vienen. Las precipitaciones son por ello muy abundantes, destacándose el hecho de que la estación de Quincemil es la región más lluviosa del país, con aproximadamente 7 metros de lluvia al año.

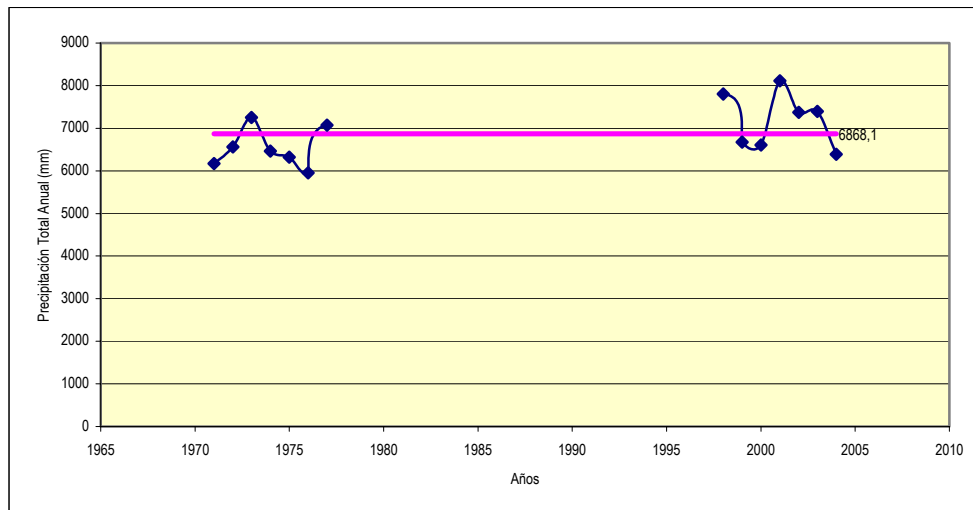
En invierno, la convergencia intertropical de aire mayormente ascendente se desplaza al hemisferio norte, llevando las lluvias a esa región, y sobre el Perú se posicionan las altas presiones subtropicales, de aire mayormente descendente, que al descender frecuentemente de la alta troposfera se calienta, y por consiguiente pierde humedad relativa, siendo poco probable que genere nubosidad y lluvias.

Por su ubicación geográfica y por la elevada tasa de condensación de la selva, esta región posee un régimen de precipitación bastante regular en una serie de años, a diferencia por ejemplo de la sierra, que tiene una variabilidad interanual más acentuada. Si bien las precipitaciones de la selva tienen también un régimen estacional, no se aprecia en cambio gran variabilidad en volumen e intensidad de precipitación interanual (ver cuadro 5.3.2-2) notándose que entre los años de menor y mayor precipitación, la diferencia no es mayor al 20% al valor de la media (ver figura 5.3.2-2); es decir no se aprecian años de sequía o de lluvias excesivamente abundantes con respecto al promedio.

Cuadro 5.3.2-2 Precipitación total anual para varios años

Año	Total
1971	6169,2
1972	6562,7
1973	7251,7
1974	6461,0
1975	6320,2
1976	5948,8
1977	7074,0
1998	7805,3
1999	6676,3
2000	6608,7
2001	8112,0
2002	7377,2
2003	7395,4
2004	6390,5
Promedio	6868,1

Figura 5.3.2-2 Variabilidad interanual para la estación Quincemil



Para una serie de años se obtuvo un promedio de precipitación para cada mes. Estos valores se sumaron y dieron como resultado un total anual promedio que es 6 868,1 mm. El periodo lluvioso de diciembre a marzo representa para esta estación un total de 3 468,4 mm, lo que da un promedio de 867,1 mm para cada mes de la estación lluviosa. También se puede obtener un promedio de 28,7 mm para cada día de la estación lluviosa. En términos porcentuales, estos cuatro meses representan el 50,5 % de la lluvia total anual y así mismo cada uno de estos meses aporta porcentualmente el 12,6 % y diariamente 0,4 %.

En cambio la estación seca (considerando como tal a los ocho meses restantes), totaliza 3 399,6 mm, lo que da un promedio de 425,0 mm para cada mes y 13,9 mm por día; esto equivale a la cuarta para un periodo lluvioso. Porcentualmente, la precipitación para estos meses es 49,5% del total anual, lo que da a cada mes un porcentaje de 6,2 % y 0,2 % para cada día. Es decir, en un mes del periodo lluvioso precipita el doble de lo que precipita en un mes del periodo seco. Con esto se refleja la estacionalidad de la región.

- **Análisis de Tormentas**

Uno de los aspectos más importantes sobre la precipitación, es conocer en lo posible la magnitud de las tormentas. Sin embargo, los datos existentes son mínimos, y las inferencias que se pueden establecer a partir de ellos resultan muy referenciales. La data de mayor utilidad que existe para este efecto es la de precipitación máxima mensual para 24 horas. Este dato presenta la lluvia máxima ocurrida en un día del mes considerado, pero es evidente que la cifra debe tomarse con muchas reservas, ya que entre otras razones, el total de la lluvia de un día puede producirse en breves minutos u horas de ese día, lo que aumenta severamente su potencial erosivo e inundable o por el contrario, producirse a lo largo del período de registro, lo que implica un reducido volumen por unidad de tiempo y baja intensidad erosiva, situaciones que no se pueden saber del registro evaluado. Asimismo la máxima mensual no presenta las condiciones de los demás días del mes, y estos tienen distintos efectos según se trate de lluvias fuertes esporádicas, o lluvias de baja intensidad pero diarias. De esta manera, el análisis de tormentas basado en esta data resulta necesariamente referencial.

El cuadro 5.3.2-3 presenta las precipitaciones máximas en 24 horas, ocurridas en las estaciones climatológicas del área de estudio; indicando también el año en que se registró este valor.

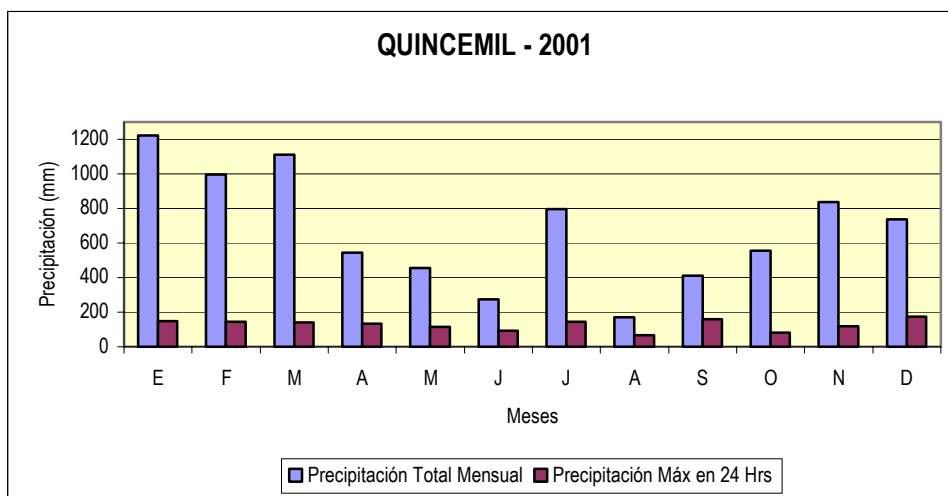
Cuadro 5.3.2-3 Precipitaciones máximas para 24 horas (mm)

Localidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Quincemil	235.5	276.2	172.2	165.0	177.3	179.2	154.0	198.9	158.4	270.0	270.0	183.8
	2003	1977	1998	1998	1976	2000	1975	2000	2001	1973	1972	1976

La figura 5.3.2-3 muestra el año más lluvioso para cada estación meteorológica y se comparan los valores de precipitación total mensual con los valores máximos en 24 horas para ese mismo año.

En Quincemil se observa que para el año 2001 lo que precipitó en un día no supera el 12 o 15% de la precipitación total mensual registrada para ese año. El valor máximo de precipitación se registró en setiembre (158.4 mm); este valor no representa ni el 2% de la precipitación total anual para ese año. Este valor, a pesar de ser porcentualmente bajo, resultaría ser muy alto o extremo para otras zonas, como la sierra, en el valle de Cusco, donde la precipitación total anual varía entre 600 y 700 mm pero en un lugar como Quincemil donde llueve casi 7000 mm en promedio anual, 150 mm no llega a considerarse un evento anómalo. En la figura 5.3.2-3 puede observarse también que no hay marcada diferencia en los valores de precipitación máxima a lo largo de ese año, lo que demuestra que es común para Quincemil registrar lluvias de tal magnitud en un solo día. Si bien es muy probable que en el tramo evaluado la precipitación total y la intensidad de tormentas sea sensiblemente menor a las que se registran en Quincemil, no hay duda de que los niveles pluviométricos de este tramo son también muy altos.

Figura 5.3.2-3 Precipitación máxima en 24 horas comparada con la precipitación total mensual



En definitiva, la pluviosidad del área es extrema y de capital importancia para la seguridad del proyecto vial. Hay una clara estación lluviosa, que va de diciembre a marzo, pero los demás meses pueden tener lluvias también abundantes; incluso la lluvia diaria más fuerte o voluminosa se ha producido de acuerdo a los datos existentes en setiembre. Por todo ello los planes de manejo tienen que ser especialmente cuidadosos y tener en cuenta estas circunstancias.

5.3.2.2 Temperatura

La temperatura para el área de estudio disminuye hacia el oeste conforme aumenta la altitud; aproximadamente unos 5 °C por cada kilómetro de ascenso. Sin embargo, otros factores modifican parcialmente esta distribución; por ejemplo, la nubosidad interviene en diversos sentidos: reduce la

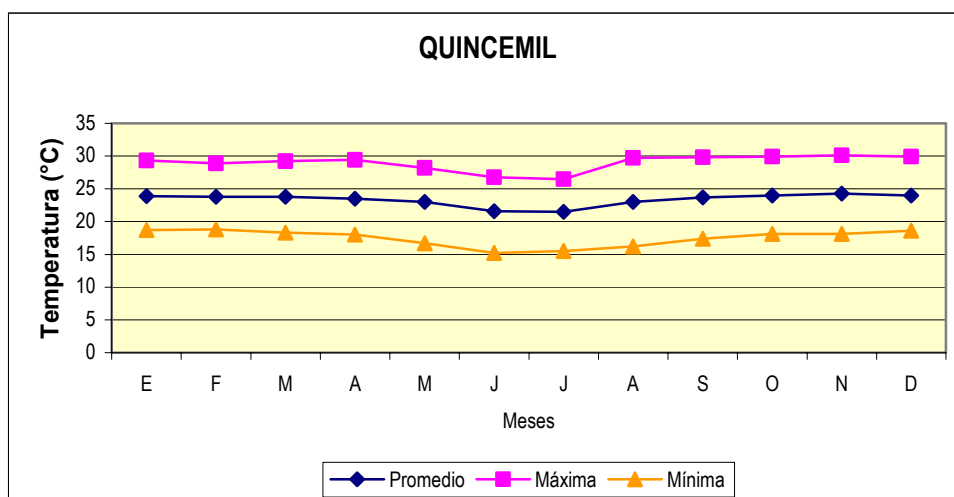
radiación solar sobre la superficie, ya que el elevado albedo reflectivo de las nubes disminuye la incidencia del calentamiento directo de la superficie terrestre, y por ello, en las etapas mas nubladas la temperatura en superficie es menor que en días despejados. Pero por otro lado, la nubosidad reduce también la irradiación terrestre ya que las nubes absorben la radiación infrarroja terrestre produciendo el efecto invernadero. Según estas incidencias, en los días despejados se produce un intenso calentamiento diurno, pero igualmente un mayor enfriamiento nocturno.

En la mayor pluviosidad de Quincemil, hay también mayor nubosidad, lo que reduce la intensidad de las temperaturas máximas absolutas respecto de zonas de menor permanencia de nubosidad. Esta diferencia se comprueba por ejemplo, con las temperaturas máximas absolutas del extremo oriental del tramo 3, en la zona de Iberia y Puerto Maldonado, donde son frecuentes las máximas absolutas del orden de 40°C en la estación seca casi desprovista de nubosidad, mientras que en Quincemil, ubicada aproximadamente a la misma latitud y solamente 300 m de diferencia altitudinal, las máximas absolutas sobrepasan poco los 33°C. Esta fuerte variabilidad entre máximas absolutas registradas para zonas que no difieren drásticamente en sus posiciones altitudinales, no se manifiesta en cambio con la misma claridad para los promedios, ya que si bien la nubosidad de una zona puede reducir parcialmente los valores máximos absolutos, en cambio eleva también el valor de los mínimos absolutos a nivel de superficie.

5.3.2.3 Estacionalidad Térmica

La estacionalidad es el factor más importante de variación térmica. La primavera y verano tienen la temperatura media más elevada y las más bajas se presentan en invierno. Esto se produce porque en verano, gracias a la inclinación del eje terrestre, la perpendicularidad de los rayos solares se da sobre el hemisferio sur; es decir, nuestro hemisferio se encuentra más iluminado que el hemisferio norte. Las horas de luz solar aumentan y a mayor exposición a los rayos solares, se genera un mayor calentamiento de la zona en estos meses.

Figura 5.3.2-4 Régimen de temperatura media mensual



En cuanto a la temperatura máxima promedio mensual para esta estación climatológica se registró en noviembre (30,1 °C). Cabe decir que las máximas absolutas extremas registradas pueden estar en 2 a 3°C por encima de estos valores.

Cuadro 5.3.2-4 Temperatura promedio mensual máxima extrema, promedio y mínima extrema

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom
TPMME	29,3	28,9	29,2	29,4	28,2	26,8	26,5	29,7	29,8	29,9	30,1	29,9	29,0
TPM	23,9	23,8	23,8	23,5	23,0	21,6	21,5	23,0	23,7	24,0	24,3	24,0	23,3
tpmme	18,7	18,8	18,3	18,0	16,7	15,2	15,5	16,2	17,4	18,1	18,1	18,6	17,5

TPMME: Temperatura promedio mensual máxima extrema

TPM: Temperatura promedio mensual

tpmme: Temperatura promedio mensual mínima extrema

Respecto de las temperaturas mínimas promedio extremas, los valores se acercan en promedio a los 17 °C o 18 °C, plenamente compatibles con las condiciones ecológicas de selva tropical. Sin embargo, durante cortos días de los meses de mayo a agosto, y de manera irregular según los años, los fenómenos de friaje que afectan a la sierra sur oriental, derivados de la eventual llegada de masas de aire de origen polar que penetran al país por la depresión del Titicaca, llegan a afectar también a la selva sur oriental, y ocasionalmente pueden hacer descender la temperatura en la zona hasta unos 10°C. Son valores momentáneos pero importantes, y no se ven reflejados en los valores promedio extremos.

5.3.2.2.4 Clasificación Climática (Basado en el sistema de Thornthwaite)

El cuadro 5.3.2-5 presenta una clasificación climática basada en el sistema de Thornthwaite. Este sistema considera como variables de clasificación a la “precipitación efectiva” (P-E) y a la “temperatura efectiva” (T-E). Estos se obtienen a partir de una relación entre la precipitación promedio mensual y la temperatura media mensual como se ve en las fórmulas de Thornthwaite:

$$PE = 1,64 \left(\frac{P}{T + 12,2} \right)^{10/9}$$

$$TE = \frac{9T}{20}$$

Donde, P = Precipitación promedio mensual

T = Temperatura media mensual

Para este sector se tomaron los datos de la estación Quincemil. De cada mes se obtiene una P-E; al sumar estos valores resulta el “índice de precipitación efectiva”. Este nuevo valor se ubica en alguna de las cinco provincias de humedad reconocidas por Thornthwaite, como se ve en la tabla adjunta. Del mismo modo se suman los valores de T-E a lo largo del año y se obtiene el “índice de temperatura efectiva” el cual se ubica en una de las seis provincias de temperatura consideradas en el sistema.

La estación de Quincemil corresponde la provincia de humedad *muy húmeda* (A) apreciándose que el valor del índice de precipitación efectiva de este lugar supera ampliamente el valor base que es 128, valor al que lo triplica, poniendo en relieve la magnitud del tipo lluvioso de esta región. Asimismo, le corresponde la provincia de temperatura *mesotérmico* (B’).

Cuadro 5.3.2-5 Clasificación Climática basada en el Sistema de Thornthwaite

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Quincemil															
Precipitación	961.2	885.2	833.8	523.6	335.2	352.6	396.2	325.6	327.8	488.4	650.3	788.2	Índice P-E	Prov de Humedad	
P-E	62.9	57.6	53.9	32.4	20.1	22.2	25.4	19.4	19.1	29.5	40.2	50.3	433.0	Muy húmedo	A
Temperatura	23.9	23.8	23.8	23.5	23.0	21.6	21.5	23.0	23.7	24.0	24.3	24.0	Índice T-E	Prov de Temperatura	
T-E	10.8	10.7	10.7	10.6	10.4	9.7	9.7	10.4	10.7	10.8	10.9	10.8	126.0	Mesotérmico	B'

Precipitación Efectiva (P-E)	
Provincia de humedad	Índice P-E
A Muy Húmedo	Mayor de 128
B Húmedo	64 a 127
C Subhúmedo	32 a 63
D Semiárido	16 a 31
E Árido	Menor de 16

Temperatura Efectiva (P-E)	
Provincia de temperatura	Índice T-E
A' Tropical	Mayor de 128
B' Mesotérmico	64 a 127
C' Microtérmico	32 a 63
D' Taiga	16 a 31
E' Tundra	1 a 15
F' Glacial	0

5.3.2.5 Vientos

La dirección y frecuencia de los vientos están muy ligadas a la dinámica aérea producida por el relieve, en el marco de las influencias de los grandes factores climáticos del hemisferio sur. El cuadro 5.3.2-6 muestra los valores que registran las estaciones para dirección, frecuencia y velocidad media de los vientos en la estación Quincemil.

Cuadro 5.3.2-6 Dirección, frecuencia y velocidad media de los vientos (km/h)

QUINCEMIL																										
	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		Anual	
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
N	2	8,0	3	9,0	3	8,0			1	6,0	1	7,0	1	7,0	1	8,0	1	8,0	2	8,5	1	7,0	1	6,0	17	7,5
NE	1	9,0	1	10,0	1	10,0	1	7,0	3	9,3	4	9,5	2	9,0	1	10,5	1	10,0	2	9,5	3	10,0	2	5,0	23	9,0
E	7	8,2	5	8,4	6	8,5	9	9,4	6	9,0	4	7,7	7	8,2	6	10,0	5	8,2	3	9,0	3	10,6	6	8,1	67	8,8
W											1	8,0			1	8,0	3	10,0	3	9,3	3	9,3	1	9,0	12	8,9
NW			1	10,0																					1	10,0

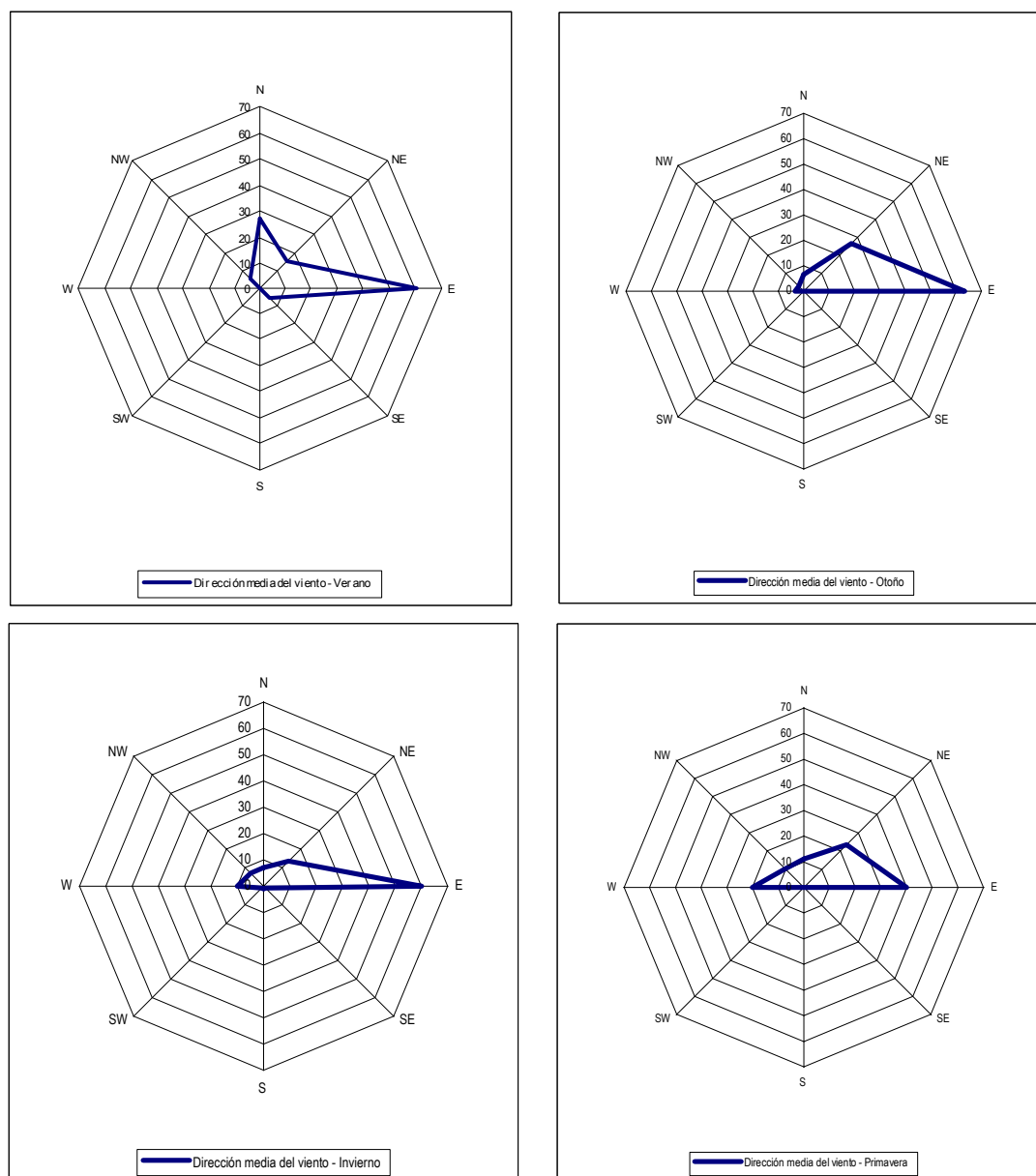
F: Frecuencia de los vientos (número de observaciones registradas)

V: Velocidad de los vientos (km/h)

Se observa que los vientos dominantes son bastante débiles (de acuerdo a la escala de Beaufort se clasifican como “vientos flojitos o brisa muy débil”, es decir, es un viento que se siente en el rostro y aprecia con el movimiento de las hojas de los árboles. Este tipo de viento dominante no representa ningún obstáculo para el desempeño de actividades del proyecto en la zona. Sin embargo, con alguna frecuencia, especialmente durante los meses relativamente secos de mayo a noviembre, eventos anómalos de fuertes vientos se presentan ocasionalmente, con ráfagas esporádicas que alcanzan a veces valores cercanos a 100 km/hora (“vientos muy duros a temporales” según la escala de Beaufort).

Figura 5.3.2-5 Dirección media estacional de los vientos para Quincemil

Quincemil

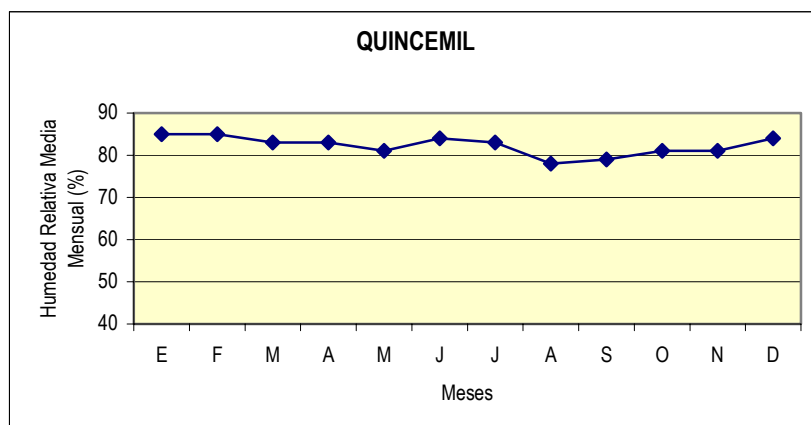


5.3.2.2.6 Humedad Relativa

La humedad relativa es siempre elevada en el área evaluada. Hay muy poca diferencia entre los meses de invierno y verano, siendo ligeramente mayor en esta última estación, cuando se produce la mayor cantidad de precipitaciones.

La humedad relativa es un parámetro que incide sobre todo en el régimen de precipitaciones, y no tiene implicancias directas sensibles en las actividades del proyecto.

Figura 5.3.2-6 Humedad relativa



5.3.2.3 ZONAS DE VIDA

Climáticamente la zona de estudio es muy homogénea, como corresponde al pie de monte de la selva alta. Por ello se registra solamente una sola zona de vida natural según el sistema de clasificación desarrollado por Leslie R. Holdridge y otra zona de carácter transicional, que difiere sólo en pocos aspectos de la mencionada zona. A continuación se describen los caracteres de dichas unidades.

- **Bosque Pluvial-Subtropical (bp-S)**

La temperatura promedio anual es de 23 °C y el promedio de precipitación está por encima de 6 000 mm anuales. Según el Diagrama de Holdridge esta zona de vida tiene una evapotranspiración potencial que varía entre la octava (0,125) y la cuarta parte (0,25) del promedio de precipitación total por año, es decir hay un claro exceso de disponibilidad hídrica entre lo que precipita y lo que evapora, hecho que ubica esta zona de vida en la provincia de humedad *superhúmedo*

En estas condiciones climáticas, la vegetación selvática es sumamente densa y diversificada, con un epifitismo muy abundante; casi todos los árboles, que no son de porte muy elevado, están cubiertos de por heliófitas y esciófitas, así como numerosas especies de trepadoras. Esta composición del bosque pluvial, está muy alterada en las inmediaciones de la carretera, donde la vegetación natural casi ha sido reemplazada por un bosque secundario y en muchos casos completamente deforestada para dar paso a terrenos de cultivo y pastizales para ganado. El bosque pluvial propiamente dicho subsiste en las zonas de cumbres que bordean los fondos de valle por donde está emplazada la carretera.

- **Bosque muy Húmedo Subtropical Transicional a Bosque Pluvial-Subtropical (bmh-S/bp-S)**

Esta zona tiene una biotemperatura media anual de 24 a 25°C, es decir un valor térmico ligeramente superior al indicado para el bosque pluvial subtropical, pero tiene un promedio de precipitación total anual inferior, entre 3 500 y 4 500 mm anuales.

Según el Diagrama de Holdridge esta zona de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0,25) y la mitad (0,5) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica esta zona en un rango intermedio entre las provincias de humedad *superhúmedo* y *perhúmedo*, que tienen un claro exceso de disponibilidad hídrica entre lo que precipita y lo que evapora.

En condiciones naturales poco intervenidas, la vegetación selvática es sumamente densa y diversificada, y tiene similares características que las descritas para el bosque pluvial, aunque con una menor presencia de especies epífitas y sobre todo con la presencia de bosques de árboles de porte elevado y bien desarrollados. Sin embargo esta composición del bosque en el área está muy alterada ya que la mayor parte de terrenos cercanos a la carretera muestran que su vegetación natural casi ha sido reemplazada por un bosque secundario y en muchos casos completamente deforestados para dar paso a terrenos de cultivo y pastizales para ganado.

- **Bosque muy Húmedo Subtropical (bmh--S)**

Esta zona tiene una biotemperatura media anual de 24 a 25°C, con un promedio de precipitación total de 2 000 a 4 000 mm anuales.

Según el Diagrama de Holdridge esta zona de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0,25) y la mitad (0,5) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica esta zona en un rango en la provincia de humedad *perhúmedo*.

Esta zona de vida es la que comprende la totalidad del trazo de carretera en este sector, cuya vegetación natural ha sido casi reemplazada por cultivos, pastizales para ganadería y vegetación secundaria de tipo purmas.

5.3.2.4 CLIMA Y METEOROLOGIA DEL SECTOR 2 KM 610+000 – 710+000

El clima de este sector corresponde al de la selva baja suroriental del país. Para efectuar este análisis, se tomaron datos de las estaciones meteorológicas Iberia e Iñapari, las cuales se hallan directamente en el tramo evaluado. Se tomó también los datos de Puerto Maldonado, empleándose como apoyo para el presente análisis. La ubicación y detalles descriptivos de estas estaciones se muestran en el cuadro 5.3.2-7.

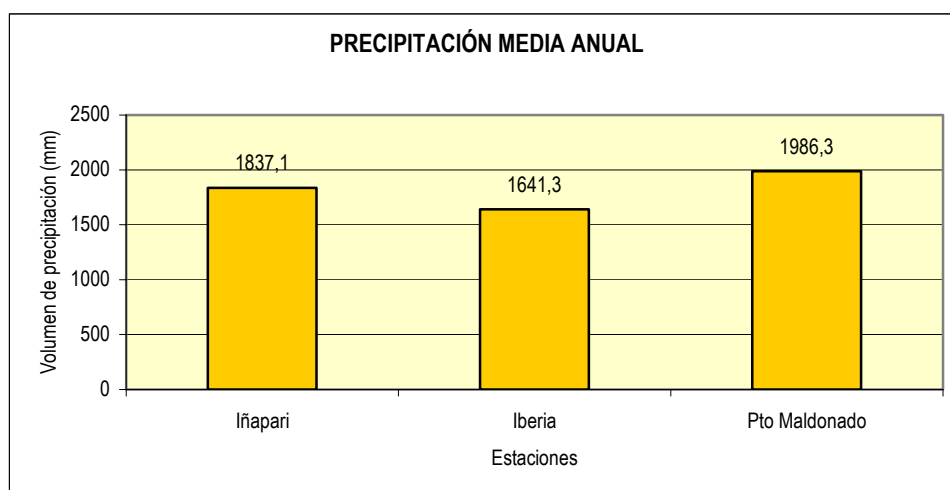
Cuadro 5.3.2-7 Estaciones meteorológicas empleadas

Estación	Propietario	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Departamento	Periodo
Iberia	SENAMHI	11°21'	69°34'	180	Madre de Dios	1960-1974
Iñapari	SENAMHI	10°57'	69°36'	200	Madre de Dios	1965-2002
Puerto Maldonado	SENAMHI	12°37'	69°12'	256	Madre de Dios	1961-1990

5.3.2.4.1 Precipitación

La precipitación promedio anual en esta zona varía entre 1600 mm y 2000 mm. Estos valores son propios de la selva baja y se deben principalmente a la influencia de los vientos cálidos y húmedos que provienen del este. Los vientos provenientes de la amazonía, a su paso por el bosque tropical, se calientan y se elevan generando condensación por frecuentes mecanismos convectivos y rápida saturación. Bajo este mecanismo se produce la precipitación característica de la selva baja. El volumen de precipitación media anual del área se ve representado en la figura 5.3.2-7.

Figura 5.3.2-7 Valores de precipitación media anual comparados entre estaciones

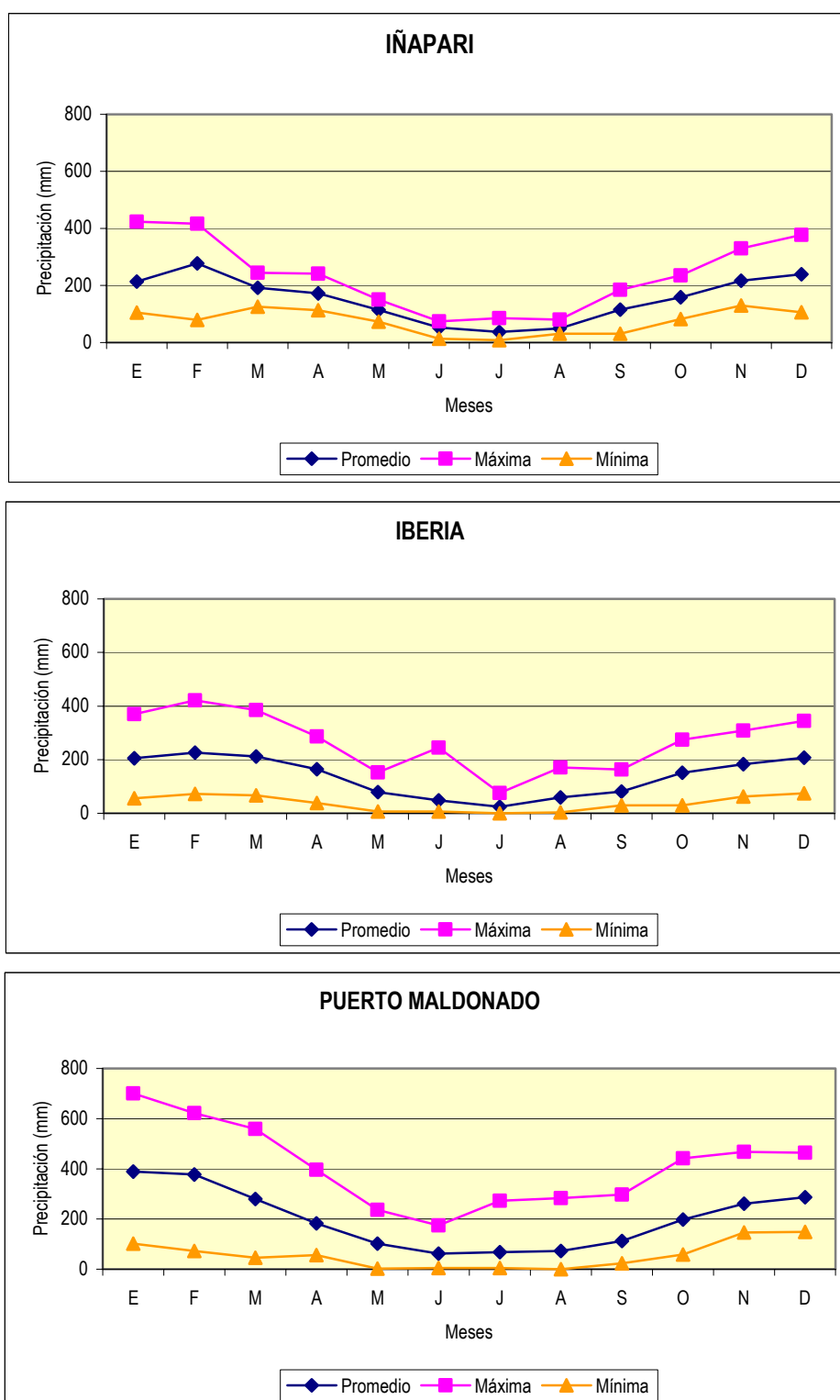


5.3.2.4.2 Estacionalidad

Las figuras 5.3.2-8 muestran los valores promedio de precipitación total mensual para las estaciones de Iñapari, Iberia y Puerto Maldonado. Aquí se observa claramente que los valores más altos de precipitación se registran en la estación veraniega y los más bajos, en invierno. En verano, los rayos solares caen perpendicularmente sobre el hemisferio sur, esto favorece el calentamiento por lo que la convergencia intertropical del aire se desplaza ligeramente hacia sur, provocando una elevación constante del aire, un descenso de la presión (bajas ecuatoriales), y un consiguiente enfriamiento del aire en altitud, lo que a su vez ocasiona constantes condensaciones por ascensos convectivos y formación de nubes y lluvia.

En invierno, sobre el Perú se posicionan las altas presiones subtropicales, y en estas condiciones hay un predominio de descenso de aire de la alta troposfera, el cual por los efectos dinámicos del descenso se calienta, y el aumento de temperatura disminuye la humedad relativa del aire que llega a los niveles inferiores. El aire que llega es muy seco en invierno por este proceso, y por ello el invierno es poco lluvioso, incluyendo la posibilidad de que eventualmente algún mes no llegue a presentar ninguna precipitación, como se ve en la figura 5.3.2-8, en que Iberia registra 0 mm como mínimo extremo para el mes de julio. Son también muy bajos los valores de junio y agosto, cosa que también sucede en Iñapari.

Figura 5.3.2-8 Precipitación total mensual para las estaciones de Iñapari, Iberia y Puerto Maldonado



Teniendo en cuenta que la pluviometría anual es similar en todo el tramo de sierra evaluado, se puede sumar los totales de cada estación, para obtener un total anual de 5 705,1 mm para la región evaluada. Dividiendo este total entre las tres estaciones, se tiene que la lluvia promedio anual para cada lugar del

área de estudio es de 1 901,7 mm. Del total de lluvia anual para la región, el periodo lluvioso de diciembre a marzo representa un total de 3 077,3 mm, lo que da un promedio de 256,4 mm para el total de la estación lluviosa en cada punto de la región evaluada. Esto quiere decir, que los cuatro meses de la estación lluviosa totalizan el 53,9 % de la lluvia que precipita anualmente.

En cambio la estación seca (considerando como tal a los ocho meses que van de mayo a noviembre), totaliza 2 627,9 mm, lo que representa el 46,1 % del total anual. En términos mensuales promedio, cada mes de la estación lluviosa precipita 256,4 mm, es decir, 8,5 mm diarios. Cada mes de la estación seca aporta 109,5 mm, es decir, 4,2 mm diariamente. Es decir, en un mes del periodo lluvioso precipita el doble de lo que precipita en un mes del periodo seco. Con esto se refleja la estacionalidad de la región.

5.3.2.4.3 Análisis de Tormentas

Se revisó datos de precipitación máxima en 24 horas de Ñapari, Iberia y Puerto Maldonado. Con esta información se pueden evaluar las condiciones climáticas para análisis de erosión e inundabilidad de la zona, porque los valores de máximas diarias por precipitaciones totales en 24 horas pueden dar una idea de las magnitudes y posibilidades erosivas. Sin embargo, esta información debe tomarse con reservas, ya que sus máximos valores pueden producirse en breves minutos u horas del día de registro, hecho que no se refleja en el dato; asimismo, el valor máximo puede haberse producido luego de varios días de lluvia intensa, bajo condiciones de suelo completamente saturado, y todas estas posibilidades no se llegan a conocer con este tipo de registros.

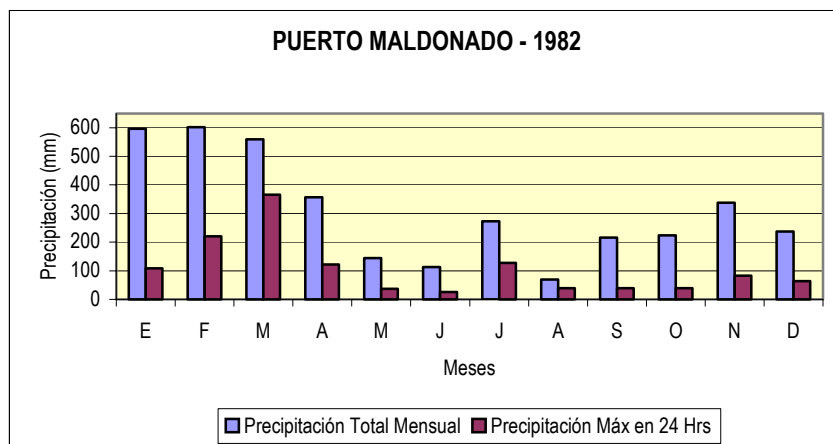
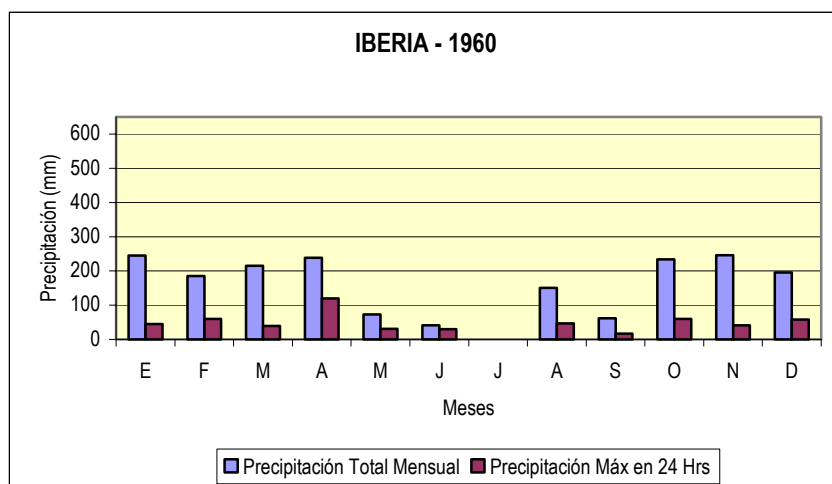
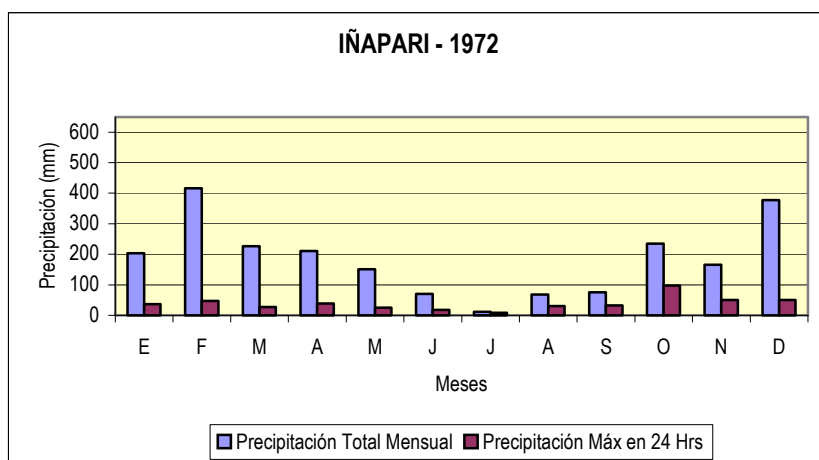
El cuadro 5.3.2-8 presenta las precipitaciones máximas en 24 horas, ocurridas en las estaciones climatológicas del área de estudio; indicando también el año en que se registró este valor.

Cuadro 5.3.2-8 Precipitación máxima en 24 horas

Localidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ñapari	62 1973	115 1975	63,4 1967	59,9 1966	49,2 2001	55 1975	52,8 1968	36,4 1967	70,4 1969	109,7 1966	100 1975	73 1965
Iberia	83 1962	100 1970	94,1 1962	120 1960	53,5 1966	69 1963	34 1967	76 1973	74,5 1966	66 1972	112 1973	110 1962
Puerto Maldonado	167 1985	220 1982	366 1982	182 1984	144 1966	146 1968	127 1982	97 1972	107,5 1976	169 1984	124 1985	134 1962

Para la figura 5.3.2-9 se tomó el año más lluvioso para cada estación y se comparó con la precipitación máxima en 24 horas para ese mismo año. En el mes de octubre de 1972 en Ñapari llovió en un día 40% del total para ese mes; sin embargo, 97 mm no es una cifra alarmante para esta zona. En Iberia, en abril de 1960, la lluvia de un día fue la mitad del total para ese mes. Cabe mencionar además que ese valor es el más alto registrado en un día para esa zona, convirtiéndolo en un evento anómalo. Para Puerto Maldonado la precipitación registrada en 24 horas equivale al 65% del total de precipitación de marzo de 1982, es un 10% del total de ese año (3728 mm), lo que lo convierte en un evento fuera de lo normal si tomamos en cuenta que la precipitación promedio para esta zona es de 2000 mm. Este tipo de eventos no pueden predecirse pero sí deben tomarse en cuenta para la ejecución de las obras viales.

Figura 5.3.2-9 Precipitación máxima en 24 horas comparada con la precipitación total mensual



5.3.2.4.4 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes para la caracterización climática. En la selva baja este elemento es uno de los que tiene menor variabilidad a lo largo del tiempo y el espacio; es decir, no hay años en que las anomalías térmicas sean tan extremas que cambien la caracterización de una zona y su ecología.

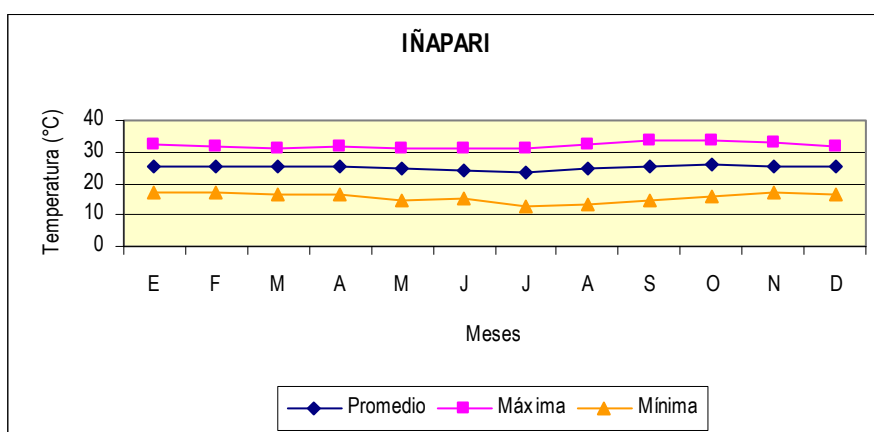
- **Estacionalidad y Factores Locales de la Temperatura**

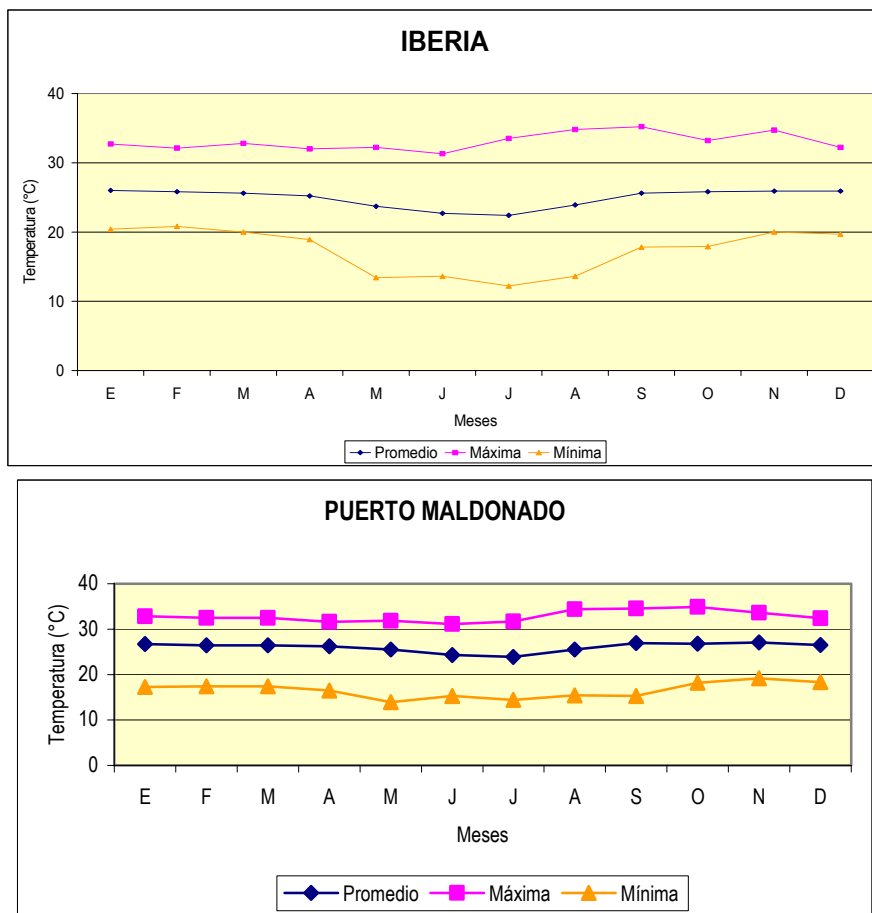
En la figura 5.3.2-10 se observa que tanto para Iñapari como para Iberia la temperatura promedio es ligeramente mayor en los meses de primavera subsiguientes al invierno, aunque los valores a lo largo el año no difieren mucho. Siendo el verano la estación que deba contener los valores más elevados, es a la vez la estación climática que registra la mayor nubosidad, lo que reduce los valores máximos. Por el contrario, el invierno es seco y soleado, y la temperatura diurna se eleva sensiblemente por esta circunstancia.

Respecto a las temperaturas medias máximas extremas, el cuadro 5.3.2-9 muestra que entre agosto y noviembre, las temperaturas están por encima de 33°C en promedio, llegando casi a 35°C en octubre para Puerto Maldonado, pero las máximas extremas registradas superan los 40°C, sobre todo en estos meses secos, cuando la insolación es constante, se producen quemas en los bosques adyacentes y es un hecho que debe tomarse en cuenta, especialmente para el diseño del asfalto.

Las temperaturas medias mínimas extremas se ven en el cuadro 5.3.2-11, y son valores promedio compatibles con las de un bosque tropical; sin embargo, el fenómeno conocido como surazo o friaje se presenta principalmente entre junio y agosto, y es cuando los vientos fríos provenientes del Anticiclón del Pacífico sur llegan hasta esta zona haciendo que la temperatura descienda por debajo de 10 °C. Son descensos momentáneos y de corta duración, que no se ven reflejados en los valores de medias extremas.

Figura 5.3.2-10 Régimen de temperaturas para las estaciones meteorológicas





Cuadro 5.3.2-9 Temperatura promedio mensual máxima extrema para Iñapari, Iberia y Puerto Maldonado

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Iñapari	32,2	32,0	31,4	31,5	31,4	31,2	31,3	32,6	33,8	33,9	33,2	31,9
Iberia	32,7	32,1	32,8	32,0	32,2	31,3	33,5	34,8	35,2	33,2	34,7	32,2
Puerto Maldonado	32,8	32,5	32,5	31,6	31,8	31,1	31,7	34,4	34,5	34,9	33,6	32,4

Cuadro 5.3.2-10 Temperatura promedio mensual para Iñapari, Iberia y Puerto Maldonado

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Iñapari	25,7	25,2	25,1	25,2	25,0	24,0	23,3	24,6	25,1	25,8	25,7	25,4	25,0
Iberia	26,0	25,8	25,6	25,2	23,7	22,7	22,4	23,9	25,6	25,8	25,9	25,9	24,9
Puerto Maldonado	26,7	26,4	26,4	26,2	25,5	24,3	23,9	25,5	26,9	26,8	27,1	26,5	26,0

Cuadro 5.3.2-11 Temperatura promedio mensual mínima extrema para Iñapari, Iberia y Puerto Maldonado

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Iñapari	17,2	16,9	16,7	16,2	14,9	15,1	13,0	13,5	14,4	15,9	17,3	16,8
Iberia	20,4	20,8	20,0	18,9	13,4	13,6	12,2	13,6	17,8	17,9	20,0	19,7
Puerto Maldonado	17,3	17,4	17,4	16,5	13,9	15,3	14,4	15,4	15,3	18,2	19,2	18,3

5.3.2.4.5 Clasificación Climática (Basado en el sistema de Thornthwaite)

El cuadro 5.3.2-12 muestra los resultados de aplicar el sistema de Thornthwaite para realizar una clasificación climática. Este sistema emplea los parámetros precipitación promedio mensual y temperatura media mensual relacionándolos en las siguientes fórmulas:

$$PE = 1,64 \left(\frac{P}{T + 12,2} \right)^{10/9}$$

$$TE = \frac{9T}{20}$$

Donde, P = Precipitación promedio mensual

T = Temperatura media mensual

De cada mes se obtiene una P-E; al sumar estos valores resulta el “índice de precipitación efectiva”. Este nuevo valor se ubica en alguna de las cinco provincias de humedad como se ve en la tabla adjunta. Del mismo modo se suman los valores de T-E a lo largo del año y se obtiene el “índice de temperatura efectiva” el cual se ubica en una de las seis provincias de temperatura.

Las estaciones de Puerto Maldonado, Iberia e Iñapari representan el clima de selva baja. A estas estaciones les corresponde la provincia de humedad *húmedo* (B) y la provincia de temperatura *tropical* (A’).

Cuadro 5.3.2-12 Clasificación Climática basada en el Sistema de Thornthwaite

	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic			
Puerto Maldonado															
Precipitación	388.5	377.2	279.5	182.6	101.7	62.1	67.7	72.7	112.8	198.3	261.4	286.6	Índice P-E	Prov de Humedad	
P-E	21.2	20.6	14.8	9.3	4.9	3.0	3.3	3.4	5.3	10.0	13.5	15.2	124.4	Húmedo	B
Temperatura	26.7	26.4	26.4	26.2	25.5	24.3	23.9	25.5	26.9	26.8	27.1	26.5	Índice T-E	Prov de Temperatura	
T-E	12.0	11.9	11.9	11.8	11.5	10.9	10.8	11.5	12.1	12.1	12.2	11.9	140.5	Tropical	A'
Iberia															
Precipitación	205.2	226.1	212.2	164.1	79.1	48.0	24.0	58.8	81.0	151.7	183.4	207.7	Índice P-E	Prov de Humedad	
P-E	10.6	11.9	11.2	8.5	3.9	2.3	1.1	2.8	3.8	7.6	9.4	10.8	84.0	Húmedo	B
Temperatura	26.0	25.8	25.6	25.2	23.7	22.7	22.4	23.9	25.6	25.8	25.9	25.9	Índice T-E	Prov de Temperatura	
T-E	11.7	11.6	11.5	11.3	10.7	10.2	10.1	10.8	11.5	11.6	11.7	11.7	134.3	Tropical	A'
Iñapari															
Precipitación	244.8	268.7	229.7	151.1	85.2	39.1	21.8	30.7	85.3	114.3	207.7	194.5	Índice P-E	Prov de Humedad	
P-E	13.0	14.7	12.4	7.7	4.1	1.8	1.0	1.3	4.1	5.6	10.9	10.2	86.7	Húmedo	B
Temperatura	25.7	25.2	25.1	25.2	25.0	24.0	23.3	24.6	25.1	25.8	25.7	25.4	Índice T-E	Prov de Temperatura	
T-E	11.6	11.3	11.3	11.3	11.3	10.8	10.5	11.1	11.3	11.6	11.6	11.4	135.0	Tropical	A'

Precipitación Efectiva (P-E)	
Provincia de humedad	Índice P-E
A Muy Húmedo	Mayor de 128
B Húmedo	64 a 127
C Subhúmedo	32 a 63
D Semiárido	16 a 31
E Árido	Menor de 16

Temperatura Efectiva (P-E)	
Provincia de temperatura	Índice T-E
A' Tropical	Mayor de 128
B' Mesotérmico	64 a 127
C' Microtérmico	32 a 63
D' Taiga	16 a 31
E' Tundra	1 a 15
F' Glacial	0

5.3.2.4.6 Vientos

Si bien la precipitación y temperatura son parámetros muy importantes que definen los caracteres regionales de la selva, existen otros parámetros importantes, aunque de manera más restringida o localizada, como los vientos, y humedad relativa entre otros.

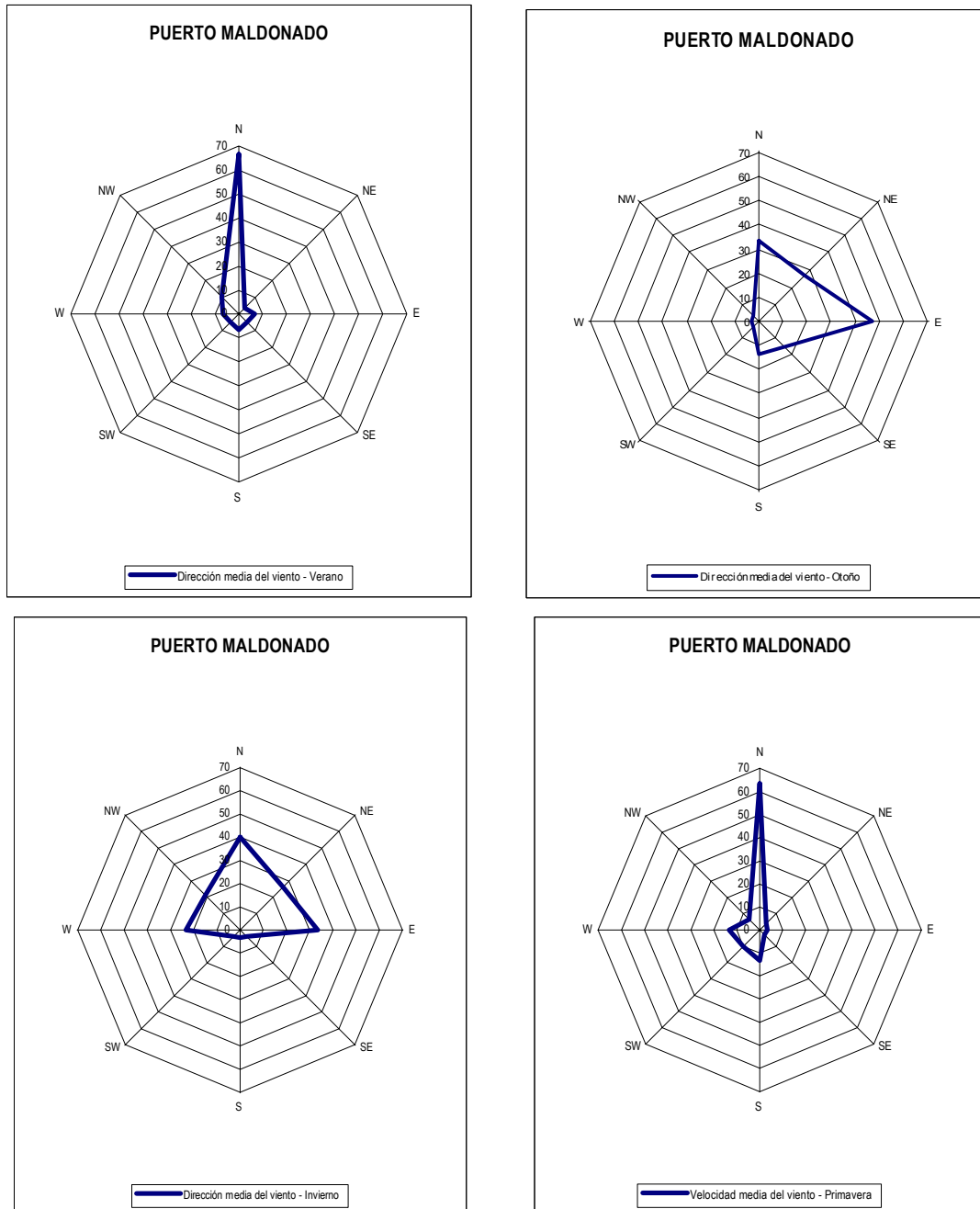
El cuadro 5.3.2-13 muestra los valores que registran las estaciones para dirección, frecuencia y velocidad media de los vientos sólo de tres estaciones por no contar con datos de este parámetro para la estación Iñapari.

Cuadro 5.3.2-13 Dirección, frecuencia y velocidad media de los vientos (km/h)

IBERIA																											
	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		Anual		
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	
N	13	6,4	14	5,8	15	6,0	12	5,9	13	5,5	12	5,9	12	6,0	12	6,0	13	6,6	15	5,8	15	6,7	15	7,0	161	6,1	
NE											1	4,8													1	4,8	
SE							1	6,0			1	4,8			2	6,0	1	4,8								5	5,4
S	1	3,6							1	12,0	1	9,6	3	4,0			1	12,0								6	7,3
SW																									1	12,0	
PUERTO MALDONADO																											
	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		Anual		
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	
N	8	12,0	7	10,2	5	9,8	2	9,0	4	10,7	4	10,2	2	11,5	4	12,0	6	10,6	4	10,0	8	11,2	7	11,1	61	10,6	
NE					1	10,0																			1	10,0	
E					2	9,5	4	10,2	5	9,6	5	9,0	5	9,0	3	8,3	2	9,0	1	11,0						27	9,4
S	1	10,0	1	10,0			3	10,0			1	13,0			1	15,0			1	9,0	1	8,0	2	9,5	11	10,5	
W	1	10,0			1	10,0			1	8,0			3	10,6	2	11,5	2	11,5	3	11,0			1	10,0	14	10,3	
NW			2	11,5	1	13,0	1	9,0											1	13,0	1	12,0			6	11,7	

Se observa que para estas estaciones los vientos son suaves y de acuerdo a la escala de Beaufort se clasifican como “brisa muy débil”; es decir, este tipo de viento no representa ningún obstáculo para el desempeño de actividades en la zona.

Figura 5.3.2-11 Dirección media estacional de los vientos para Puerto Maldonado

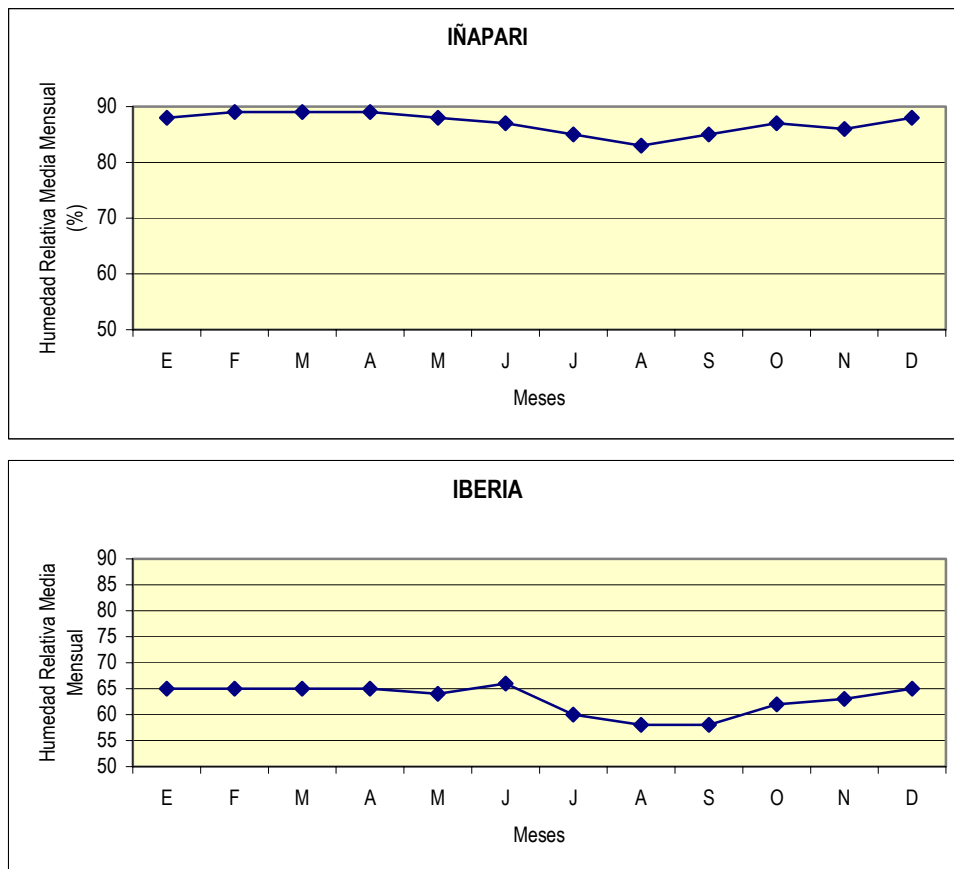


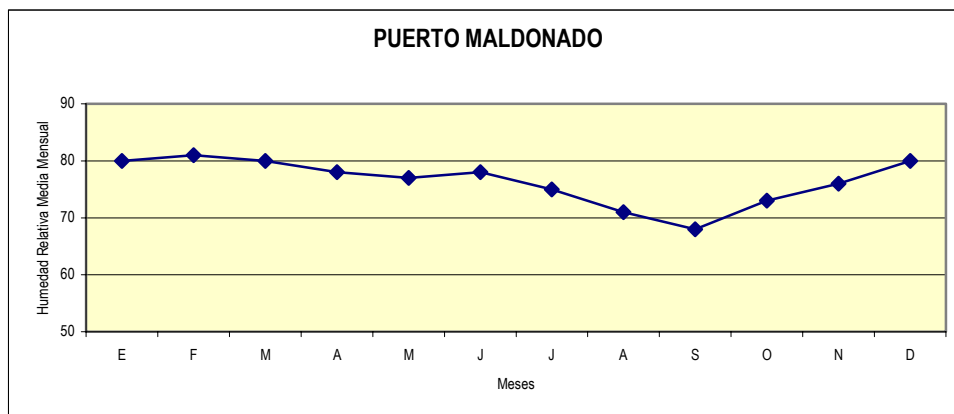
5.3.2.4.7 Humedad Relativa

La humedad relativa es un parámetro que está fuertemente influenciada por la estacionalidad, como se ve en la Figura 5.3.2-12. Los meses de agosto y setiembre son los que registran los valores más bajos de humedad relativa en las cuatro estaciones a pesar de ser meses de invierno, hecho que se debe a la ausencia de nubosidad en estos meses.

Además se observa que los valores son mayores en las zonas en que es mayor la precipitación. Por ejemplo, en Puerto Maldonado el promedio anual es de 76 % mientras que en Iberia la humedad relativa promedio anual es de 61%. Sin embargo, esto no se cumple en Iñapari donde la precipitación es ligeramente menor que en Puerto Maldonado pero registra un promedio anual de 87% esto puede deberse su ubicación. Iñapari recibe los vientos cálidos y húmedos que hacen que el medio se mantenga con elevado porcentaje de humedad relativa.

Figura 5.3.2-12 Humedad relativa





5.3.2.5 ZONAS DE VIDA

Debido a la amplia variedad climática, en el área de estudio se ha registrado 15 zonas de vida natural según el sistema de clasificación desarrollado por Leslie R. Holdridge y que es utilizado en el país desde la década de los setenta. Según este sistema, se prevé qué formaciones vegetales y ecológicas pueden estar presentes en una zona a partir de promedios de biotemperatura y precipitación anuales, según los pisos y zonas latitudinales.

- **Bosque Húmedo Subtropical (bh-S)**

Se distribuye entre los 500 y casi 2000 msnm para la Selva Alta y entre 150 y 250 msnm para la Selva Baja. La biotemperatura media anual varía entre 18.4° C y 24.5° C. El promedio de la precipitación total anual varía entre 1200mm y 1959mm.

La vegetación es un bosque siempre verde alto y tupido. Aquí se diferencia hasta cuatro estratos arbóreos. La vegetación del sotobosque es escasa debido a la fuerte competencia radicular y a la sombra predominante. Los “ipales” o “pacales” son indicadores del bosque húmedo-subtropical y son muy frecuentes en Madre de Dios.

Por sus características presenta condiciones para desarrollar la actividad agrícola y/o pecuaria.

- **Bosque Húmedo Subtropical Transicional a Bosque Húmedo Tropical (bh-S/bh-T)**

Se caracteriza por una biotemperatura media anual entre 24° C y 25.5° C y el promedio de precipitación total al año varía entre 1800 y 2000 mm. Por sus características presenta condiciones para desarrollar la actividad agrícola y/o pecuaria.

- **Bosque Muy Húmedo Subtropical (bmh-S)**

Se sitúa entre 600 y casi 2000 msnm para la Selva Alta y 200 y 400 para la Selva Baja. Por lo general, las laderas de esta zona de vida poseen una fuerte pendiente (70% a 100%). La biotemperatura media anual varía entre 23.4° C y 20.2° C. La precipitación total anual promedio máxima es de 3374.7 mm.

La vegetación es siempre verde con lianas y bejucos. Se diferencia cuatro estratos arbóreos; los más altos llegan a medir hasta 45m de altitud. Presenta una composición florística muy heterogénea (hasta 50 especies diferentes).