

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

BALANCE HIDRICO RIO EL ANGEL

ARNALDO ANDRES ESPINOZA CALLE

TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR DE TESIS:
ING. MIGUEL ARAQUE

QUITO, FEBRERO DEL 2012

Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS

Balance Hídrico Rio El Ángel

Arnaldo Andrés Espinoza Calle

Ing. Miguel Araque

Director de Tesis

Y Miembro del Comité de Tesis

Ing. Fernando Romo

Decano del Colegio Politécnico

Y Miembro del Comité de Tesis

Quito, Febrero 2012

© Derechos de Autor

Arnaldo Andrés Espinoza Calle

Febrero 2012

DEDICATORIA

A DIOS que ha sido el principal pilar y motor de mi vida porque gracias a él, cada una de mis metas y de las etapas de mi vida las he culminado con éxito.

A mis padres quienes me han guiado por el camino adecuado en la vida y me han enseñado lo bueno y lo malo, dejándome a mi elegir que camino seguiré, ellos en su respectivo momento me han apoyado me han impulsado y me han dado fuerzas para llegar hasta donde estoy y alcanzar mis mas anhelados sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres pues ellos han hecho todo lo imposible para lograr que yo llegara hasta donde estoy, sacrificándose día a día en darme todo lo que necesito y que nunca me falte nada.

Al Ing. Miguel Araque que fue mi profesor en la USFQ, y mi director de tesis, le agradezco por haberme impartido sus valiosos conocimientos de una manera profesional, desinteresada y sin ningún tipo de egoísmos.

A mi Tía la Doctora Dora Espinosa quien me apoyo durante toda mi carrera.

Y a mis hermanas que siempre me ayudaron y apoyaron en todas mis decisiones y supieron aconsejarme en los momentos difíciles.

RESUMEN

Con el paso de los años las ciudades crecen y crecen incontrolablemente junto con su población y su extensión geográfica, de igual manera la importancia de saber optimizar los recursos que la naturaleza nos proporciona.

En los últimos años debido al incontrolable consumo de los recursos, y aumento de la contaminación el calentamiento global se ha convertido en un problema mundial. Es por esta razón que el clima se ha vuelto más impredecible en el Ecuador y ahora no sabemos cuándo empieza el verano ni el invierno ni cuánto va a durar. Debido a esto en muchos sectores del Ecuador la utilización del agua es un tema a manejarse con mucha precaución porque así como suele causar inundaciones también existen sequías así que mediante un estudio de Balance Hídrico del Río El Ángel, se podrá analizar y optimizar el consumo y utilización del agua de la manera más propicia.

Hoy en día la provincia de Carchi ha crecido de manera acelerada de igual manera la necesidad aprovechar los recursos hídricos que el sector posee. De esta forma crecerá poco a poco la productividad de la zona para una mejor supervivencia de los habitantes.

Abstract

Over the years, cities, their population and geographical coverage have grown in an uncontrollable way. In the same way grows the importance of knowing how to optimize the natural resources.

In recent years uncontrolled consumption of resources, increasing pollution and global warming have become a major problem. These are the reasons why weather is even more unpredictable and now, in Ecuador, we do not know when summer or winter will begin or how long will they last.

In many regions of Ecuador, water usage is a topic to be handled with extreme care because it's misuse often results in floods or droughts. By using a Water Balance Study of the Rio El Angel, we could analyze and optimize the ways of consumption and develop a better use of water.

Nowadays, Carchi province has grown rapidly and so has the need for managing the water resources in the sector. Thus, the productivity of the area will gradually grow assuring a better survival of its inhabitants.

INDICE

CAPITULO 1	13
1. INTRODUCCION	13
1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA	13
1.1.1. San Vicente de Pusir	15
1.2. ALTERACIONES AMBIENTALES.....	17
1.3. LA BIODIVERSIDAD DEL ECUADOR	17
1.4. BIODIVERSIDAD Y CONSERVACION	18
1.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL	18
1.6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA).....	20
1.6.1. Definición de PMA	20
1.6.2. Características del PMA.....	21
1.7. MARCO LEGAL DE REFERENCIA	22
1.7.1. Constitución de la República del Ecuador	22
1.7.2. Ley de Gestión Ambiental.....	24
1.7.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	24
1.8. CLIMATOLOGIA	26
1.9. RECURSO HIDRICO.....	27
1.10. RECURSO DEL SUELO.....	27
1.11. COMPONENTE HUMANO Y SOCIOECONOMICO.....	28
1.12. UBICACIÓN GEOPOLITICA	28
1.13. TIPOS DE BIOCLIMA.....	29
1.14. USO ACTUAL DEL SUELO.....	30
1.15. DEMOGRAFIA	30
1.16. EMPLEO.....	31
1.16.1. Sustento económico.....	31
1.16.2. Ingresos	32
1.16.3. Egresos	32
1.17. MIGRACION.....	32
1.18. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BASICOS	32
1.18.1. Servicio de Transporte	33

1.18.2.	Electricidad	33
1.18.3.	Alcantarillado	33
1.18.4.	Agua	34
1.18.5.	Recolección de basura.....	35
1.18.6.	Telecomunicaciones	36
1.18.7.	Vías de comunicación	36
1.18.8.	Educación.....	36
1.18.9.	Salud.....	37
1.18.10.	Vivienda	37
1.19.	DISTRIBUCION Y TENENCIA DE LA TIERRA	38
1.20.	SISTEMA DE PRODUCCION	39
1.20.1.	Principales cultivos	39
1.20.2.	Producción ganadera	39
1.20.3.	Actividades Productivas Complementarias.....	39
1.20.4.	Organizaciones Sociales.....	40
1.21.	CONTEXTUALIZACION HISTORICA	40
1.22.	IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICOS	42
CAPITULO 2		43
2. MAPAS		43
2.1.	Mapa Base Provincia de Carchi	46
2.2.	MAPA DIGITAL DEL TERRENO PROVINCIA DE CARCHI.....	48
2.3.	MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO PROVINCIA DE CARCHI	50
2.4.	MAPA DE PENDIENTES PROVINCIA DE CARCHI.....	52
2.5.	MAPA DE APTITUDES AGRICOLAS PROVINCIA DE CARCHI	54
2.6.	MAPA GEOLOGICO PROVINCIA DE CARCHI.....	56
2.7.	MAPA DE UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLOGICAS PROVINCIA DE CARCHI.....	58
2.8.	MAPA DE ZONAS DE DEFICIT HIDRICO ANUAL PROVINCIA DE CARCHI	60
2.9.	MAPA DE ZONAS DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL PROVINCIA DE CARCHI.....	62
2.10.	MAPA DE ZONAS DE NÚMERO DE MESES SECOS PROVINCIA DE CARCHI	64
2.11.	MAPA DE ZONAS PRECIPITACION MEDIA ANUAL PROVINCIA DE CARCHI.....	66

2.12. MAPA DE TIPOS DE CLIMA PROVINCIA DE CARCHI.....	68
2.13. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIONES PROVINCIA DE CARCHI....	70
2.14. MAPA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO PROVINCIA DE CARCHI	72
2.15. MAPA DE SUELOS (TAXONOMIA) PROVINCIA DE CARCHI.....	74
CAPITULO 3	76
3.1. OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DEL BALANCE HIDRICO.	76
3.2. LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO.....	77
3.2.1. Forma general de la ecuación del balance hídrico.....	77
3.2.2. Otras formas de la ecuación del balance hídrico	78
3.2.3. Características especiales de la ecuación del balance hídrico para intervalos de tiempo diferentes.	78
3.2.4. Características especiales de la ecuación del balance hídrico para masas de agua de diferentes dimensiones.	79
3.2.5. Cierre de la ecuación del balance hídrico.....	79
3.2.6. Unidades para los componentes de las ecuaciones del balance hídrico.	80
3.3. METODOS DE CÁLCULO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL BALANCE HIDRICO	80
3.3.1. Datos básicos.....	80
3.3.2. Mapas y atlas.....	81
3.3.3. Precipitación.....	81
3.3.4. Generalidades.....	81
3.3.5. Medida y corrección de la precipitación media.....	81
3.3.6. Cálculo de la precipitación media sobre una zona.	82
3.3.7. Mapas de isoyetas.....	82
3.4. CAUDAL O APORTACION DEL RIO.	83
3.4.1. Escorrentía media y selección del período del balance hídrico.....	83
3.4.2. Cálculo del caudal medio utilizando datos directos.	83
3.5. EVAPORACION	84
3.5.1. Generalidades.....	84
3.5.2. Evaporación desde la superficie del agua.....	84
3.5.2.1. Calculo a partir de los datos del evaporímetro.	84
3.5.2.2. Método del balance hídrico.	85
3.5.2.3 Método del balance térmico.	86

3.4.2.4. Método aerodinámico.....	87
3.5.2.5. Fórmulas empíricas.	88
3.5.3. Evaporación desde tierra.	89
3.5.3.1. Cálculo por evaporímetros y lisímetros.....	89
3.5.3.2. Método del balance hídrico.	89
3.5.3.3. Método del balance térmico.	90
3.5.3.4. Método aerodinámico.....	91
3.5.3.5. Métodos empíricos.	91
3.6. EJEMPLIFICACION EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL ANGEL	92
3.6.1. Demanda de agua requerida por los cultivos.....	92
3.6.1.1. Objetivo.....	92
3.6.1.2. Justificación.....	92
3.6.1.3. Metodología y resultados	92
3.6.2. Información Meteorológica.....	92
3.6.3. PATRONES DE CULTIVOS	93
3.6.4. Información sobre los cultivos	94
3.7. PROCEDIMIENTO	94
3.7.1. Ingreso de datos climatológicos	96
3.7.2. Entrada de datos de los cultivos	96
3.7.3. Requerimientos brutos de riego de los cultivos.....	96
3.7.4. Eficiencias de riego	96
3.7.5. Resultados	98
3.7.6. Método de obtención de caudales naturales.....	100
3.7.7. Caudales notables.....	100
3.7.8. Recursos hídricos superficiales teóricamente disponibles	101
3.7.9. Recursos hídricos subterráneos teóricamente disponibles	102
3.7.10. Recursos hídricos realmente disponibles	103
3.7.11. Demandas hídricas totales de riego y consumo humano.....	103
3.7.12. Comparación entre demanda y oferta.....	103
3.8. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	104
3.8.1. Contaminación de agua	104
3.8.2. Deterioro de la calidad de las aguas de la Cuenca	105
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106

4.1. Conclusiones	106
4.2. Recomendaciones.....	109
5. BIBLIOGRAFIA.....	110

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

El Rio el Ángel se encuentra ubicado en el Ecuador, en la provincia del Carchi y cruza principalmente por dos poblaciones El Ángel y San Vicente de Pusir. Ubicada en la provincia más al norte de la sierra ecuatoriana (Provincia de Carchi), se encuentra la población de El Ángel la cual es bastante pequeña;

Pero su peculiaridad es la Reserva Ecológica El Ángel de 15'715 hectáreas está entre 3585m y 4692m sobre el nivel del mar. El páramo en El Ángel está cubierto por "frailejones" gigantescas, una especie de planta que sólo se encuentra en el ecosistema del alto páramo. En esta área, estas plantas crecen en troncos de hasta 6m de altura y forman un bosque. Sus flores son similares a los girasoles y sus hojas son peludas para proteger la planta contra el clima frío y duro. Otra especie de planta en la reserva son los árboles polylepsis, que tienen muchas capas que cubren los ramos y las protegen de la insolación. Porque las capas de estos ramos son muy finas y pueden ser giradas como papel, los árboles se llaman localmente "árboles de papel". Otras plantas impresionantes son las flores El Ángel. Sus hojas blancas y peludas y sus flores amarillas aclaran el ambiente neblinoso del páramo. Se considera El Ángel una esponja de agua y provee toda la provincia con agua. Varios ríos pequeños nacen en El Ángel, que más adelante se reúnen para formar el depósito de los ríos Mira y El Ángel.

Lagunas maravillosas se encuentran también en esta Reserva, como: El Voladero, Potrerillos, lagunas verdes (por el azufre y las algas), Razococha, entre otros. Entre la fauna de la Reserva hay, trucha, la rana marsupial, la cerceta andina, el cóndor, la gaviota andina, la tórtola, conejos salvajes, el lobo de páramo, ciervos, entre otros.

Cómo llegar: Para poder llegar a este sector se debe tomar la Panamericana al norte de Quito hasta llegar a la ciudad de El Ángel (en la entrada hay un monumento de un navío de barro.) Ahí gire a la izquierda y pase por los pueblos de Libertad y San Francisco hasta que llegue la entrada a la Reserva Ecológica El Ángel.

Escondido en las montañas, 173.7km en el norte de Quito y 59.6km en el norte de la ciudad de Ibarra, está el último bosque residual y milenario de polylepis. El viaje desde Quito a Ibarra ofrece al viajero unas vistas maravillosas de los valles cultivados y las montañas que parecen estar cubiertos de edredón de muchas diferentes colores, sobre todo en tonos de verde, amarillo y marrón. Sin embargo, viajando hacia al norte desde la ciudad de Ibarra, el escenario cambia de una manera drástica, cuánto más cerca está el valle Chota. Las montañas verdes cambian a estribaciones secas, inhabitadas solo por algunas variedades de cactus, robinias y algunas plantas de este clima árido. El escenario, en combinación con las temperaturas altas, hace que el viajero se olvide que está en los Andes.

La ascensión al páramo de El Ángel empieza justo fuera de la ciudad de Mascarilla. Este es el punto donde empieza la provincia de El Carchi. Desde este punto, la temperatura baja y la vegetación es más verde, el aire más frío y reaparecen las tierras cultivadas. Arriba en el páramo de El Ángel, a 3523m sobre el nivel del mar, existe un valle pequeño de origen glacial que cubre 12 hectáreas del bosque de polylepis maravilloso y único, perteneciente a la Reserva Ecológica El Ángel. Dentro de este área,

el hostel "Polylepis Lodge" preserva 6 hectáreas del cuidado por las comunidades del alrededor. El árbol polylepis, también conocido como Pantza, Colorado o árbol de papel, es famoso por su fina corteza que constantemente se quita para evitar que los organismos parásitos, como musgos y líquenes, se adhieran a sus ramos. Entre las diferentes especies de plantas que se pueden encontrar en el bosque son: La hierba del infante del cerro, Zarcillo Sacha, Cardón Santo, diferentes variedades de gencianas y orquídeas, entre otras. Al lado de la gran variedad de plantas, se pueden encontrar también muchas especies de pájaros y con suerte también se pueden observar mamíferos como zorros y ciervos. Esta Reserva de vida silvestre es uno de los pocos lugares en Ecuador donde todavía se puede ver el famoso Cóndor de los Andes. Dentro de las especies más pequeñas de los pájaros, el observador encuentra colibríes de diferentes tipos, cara-caras, halcones, patos salvajes y muchos más.

Los lagos, cascadas y la vida silvestre que habitan este bosque están circundados por páramos maravillosos. El bosque de polylepis es un lugar muy ostentoso en Ecuador; es el único bosque milenario de polylepis en el mundo.

1.1.1. San Vicente de Pusir

La Comunidad de Pusir se encuentra ubicada en una zona agrícola rodeada de relieves de pendientes pronunciadas, bajas precipitaciones y fuertes vientos, es por esto que es necesario el contar con un plan de manejo para usar de forma sustentable los recursos que aquí se encuentran, y así lograr el equilibrio dentro de este sistema natural.

AREA # 040254 SAN VICENTE DE PUSIR

Sexo	Casos	%	Acumulado %
Hombre	1.004	49,12 %	49,12 %
Mujer	1.040	50,88 %	100,00 %
Total	2.044	100,00 %	100,00 %

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)
ELABORADO POR: DESAE DIZ3C - SANTIAGO ABRIL



En el área de estudio gran parte de los habitantes se dedican a la agricultura de subsistencia con cultivos de maíz, plátano, yuca, fréjol, caña de azúcar, frutales y a la actividad de la producción de carbón vegetal que utiliza al arbusto de espino como materia prima, dichas actividades pueden estar disminuyendo la riqueza natural de la zona con forme pasen los años.

Por la extracción de la vegetación natural y utilización de prácticas agrícolas inapropiadas como la quema y tala, las personas están cambiando las características de esta zona de bosque seco y monte espinoso con especies de flora y fauna representativas en el norte del país. Además factores como, desestabilización de taludes y problemas de plagas, pueden limitar las actividades agrícolas y forestales, poniendo en riesgo, la seguridad alimentaria y la salud de los habitantes.

La calidad de vida de la población tiene relación directa con el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales existentes en la zona donde habitan, por lo que es necesario controlar las fuentes de contaminación del agua, del suelo y de los ecosistemas importantes.

Por otro lado, capacitar a los comuneros sobre el uso adecuado de los recursos que disponen, buscar alternativas para detener la explotación descontrolada del bosque seco; y, en especial del arbusto de espino, actividades que se las puede lograr a través de la integración de los actores de la comunidad en el objetivo del buen manejo de los

recursos, ya que de ellos depende su subsistencia y de igual manera saber cómo pueden manejar los recursos hídricos del sector para un mejor aprovechamiento. El presente Plan, permitirá formular iniciativas encaminadas a la conservación, protección y manejo adecuado de los recursos bióticos y abióticos del área, garantizando la sustentabilidad.

1.2. ALTERACIONES AMBIENTALES

La época en que la sociedad generó la mayor cantidad de alteraciones en el planeta ha sido durante la segunda mitad del siglo XX.

Una de las alteraciones de mayor impacto es la pérdida de los ecosistemas naturales y de sus servicios ambientales, ya que se trata de modificaciones en las bases estructurales propias del planeta: cambio de temperatura, pérdida de agua dulce, oxígeno, suelo y especies biológicas.

En América Latina y el Caribe se ha perdido más de la tercera parte de los ecosistemas naturales terrestres; no obstante, sigue siendo la región del mundo que más bosques cerrados tiene y de mayor biodiversidad. La superficie de la región se ha transformado en un 8 % para las actividades agrícolas y el 30 % para las ganaderas. Anualmente se deforestan alrededor de 5.8 millones de hectáreas anuales, de las cuales el 95% ocurren en el trópico.

1.3. LA BIODIVERSIDAD DEL ECUADOR

El territorio ecuatoriano presenta altísima biodiversidad y endemismo, a pesar de su pequeña extensión. La fauna ecuatoriana está considerada entre las de mayor diversidad en el mundo, cuenta con 369 especies de mamíferos, 1 550 especies de aves, 380 especies de reptiles, 402 especies de anfibios y 706 especies de peces de agua dulce, que

hacen del país un lugar privilegiado a nivel mundial y sustentan su inclusión entre los países de “mega diversidad”.

En cuanto al endemismo en el país tiene uno de los más altos en el mundo, con 26 especies de mamíferos, 37 de aves, 106 de reptiles y 138 especies de anfibios, lo que determina su singular importancia en el ámbito mundial.

La flora no presenta un conocimiento sistemático profundo, pues no hay listas completas de las especies.

1.4. BIODIVERSIDAD Y CONSERVACION

La biodiversidad del país constituye la riqueza natural de los ecuatorianos y por lo tanto es un recurso estratégico que nos ofrece múltiples alternativas para el desarrollo sustentable, por lo que debe ser conservado y manejado de forma coordinada e integral de manera que se garantice su permanencia en el largo plazo. Sin la conservación, sin la consideración cuidadosa, respetuosa, solidaria de las realidades naturales, incluidas las humanas el desarrollo no será verdadero progreso.

El conservar y utilizar de manera sostenible los recursos biológicos y culturales significa mantener las diferentes opciones de las actividades económicas, como el ecoturismo, los recursos para bioprospección, los servicios ambientales, el extractivismo y la agricultura sustentable; a fin de lograr el mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos.

1.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL












El análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes de satélite, de acuerdo a diversos autores, constituye un método efectivo para la detección de cambios en la vegetación dada la alta correlación existente entre la variación espectral en la imagen y

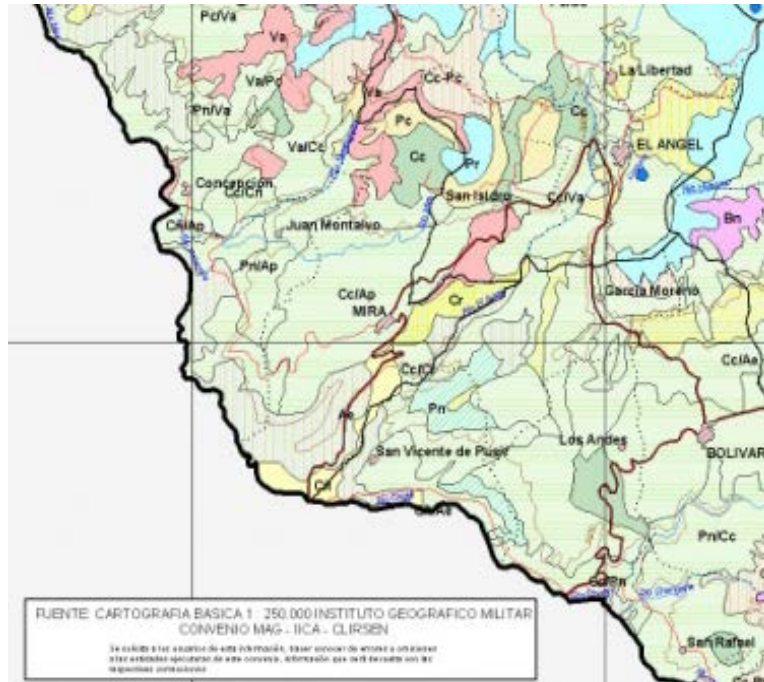
el cambio en la cubierta vegetal, que permite evaluar las consecuencias de estos cambios a partir de su detección, control y análisis rápido y eficiente.

En el ámbito mundial, las técnicas de teledetección han sido utilizadas en la identificación de de cambios en la cobertura y usos de la tierra. Esta valiosa tecnología sirve para el monitoreo de fenómenos naturales u otras modificaciones que experimenta una región como consecuencia de la intervención del hombre.

Los estudios relacionados con el análisis contribuyen a la definición de las categorías debido a que proporcionan un elemento adicional de análisis como son los cambios del estado fenológico de las especies vegetales.

**PROVINCIA DE CARCHI
MAPA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO**

SIMBOLO	DESCRIPCION	SUPERFICIE ha	%
Ae 	Áreas Erosionadas	7659	2.0
Bn 	Bosque natural	93442	24.8
Cc 	Cultivos ciclo corto	4222	1.1
Cf 	Frutales	730	0.2
Ca 	Caña de Azúcar	1053	0.3
Pc 	Pastos cultivados	7064	1.9
Pn 	Pastos Naturales	1259	0.3
Pr 	Paramo	46980	12.5
U 	Zonas urbanas	662	0.2
Va 	Vegetación arbustiva	4469	1.2
Wa 	Cuerpos de agua naturales	249	0.1



1.6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

Las nociones o conocimientos básicos de que es un Plan de Manejo Ambiental son los siguientes:

Planificación

En esencia viene a ser un proceso intelectual que precede a la acción y se desarrolla enmarcado en tres umbrales de tiempo: el presente, donde se desarrolla un plan para llegar al objetivo ubicado en el futuro, sobre la base de información del pasado. La planificación define el lugar donde se desea estar en el futuro y la forma de lograrlo.

1.6.1. Definición de PMA

Los Planes de Manejo son un instrumento clave para la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales y culturales. Constituyen aspectos fundamentales del ecosistema sociocultural, esto es, aquel en el cual está integrada la sociedad humana como componente del ambiente natural.

En un enfoque más amplio consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad.

1.6.2. Características del PMA

Un Plan de Manejo o Plan de Gestión debería presentar las características siguientes:

- ✓ Se basa en información técnica, científica y de conocimiento local del lugar.
- ✓ Armoniza las necesidades de conservación de la biodiversidad con los intereses locales y regionales.
- ✓ Es flexible y consensuado o acordado con los actores involucrados.
- ✓ La inversión en su preparación es coherente con el tamaño del área, con su complejidad ecológica y social, y con el momento de su desarrollo.
- ✓ Contempla su financiamiento estratégico.
- ✓ Es gradual, es decir, sigue un proceso de aproximación sucesivo (en que el nivel de detalle va aumentando gradualmente).
- ✓ Es de carácter participativo (los niveles de interacción están vinculados a actores definidos).
- ✓ Es entendible para todos los usuarios (para lo cual se pueden elaborar versiones adecuadas en función de los diferentes usuarios).
- ✓ Es realista y aplicable (tiene un componente fuerte de capacitación).
- ✓ Es estratégico, tiene una visión de largo plazo.

- ✓ Define claramente las varias responsabilidades en la ejecución.

1.7. MARCO LEGAL DE REFERENCIA

El marco legal es muy importante en especial en el componente humano y socioeconómico ya que busca compatibilizar los deseos sociales con las directrices legales, por lo que será necesario tomar en cuenta un marco legal relevante compuesto por las leyes que deben tomarse como referencia.

1.7.1. Constitución de la República del Ecuador

En la Constitución en el Título II de los derechos; Capítulo segundo (Derechos del buen vivir), Artículos 14 y 15; en lo que se refiere a la naturaleza y a su uso reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Además de promover el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes con el fin de alcanzar la soberanía energética sin que esta se encuentre por encima de la soberanía alimentaria y el derecho al agua; y prohibiendo expresamente, el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

En el Artículo 57 del Capítulo cuarto (Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y

nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y todo el marco legal vigente los siguientes derechos colectivos:

6. Participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras.

8. Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.

12. Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

En el Capítulo séptimo (Derechos de la naturaleza), en los Artículos 71, 72, 73 y 74 se expresa el derecho de la naturaleza para que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento, regeneración y restauración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos y que toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Además de incentivar a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema; así como determinar la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

También claramente expresa que ante la existencia de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no

renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. Para protegerla el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales; incluidos la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Y reconoce el derecho de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir; sin que los servicios ambientales que se puedan generar sean susceptibles de apropiación; y que, su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

1.7.2. Ley de Gestión Ambiental

En Artículo 41, Título VI de la Protección de los Derechos Ambientales, expresa que con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, se concede acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas del medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución de la República. Además nos obliga a todos a participar en el cuidado y protección de nuestros recursos naturales, para lo cual debemos cumplir con las normas y reglamentos que buscan el uso racional de los recursos.

1.7.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

En el Artículo 6 del Título I (De los Recursos Forestales), Capítulo III (De los Bosques y Vegetación Protectores) se consideran bosques y vegetación protectores aquellas

formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos:

- a) Tener como función principal la conservación del suelo y la vida silvestre;
- b) Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial;
- c) Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, corrientes o depósitos de agua;
- d) Constituir cortinas rompe vientos o de protección del equilibrio del medio ambiente;
- e) Hallarse en áreas de investigación hidrológico - forestal;
- f) Estar localizados en zonas estratégicas para la defensa nacional; y,
- g) Constituir factor de defensa de los recursos naturales y de obras de infraestructura de interés público.

En los Artículos 9, 10 y 12 del Capítulo IV (De las Tierras Forestales y los Bosques de Propiedad Privada) se define a las tierras forestales como aquellas que por sus condiciones naturales, ubicación, o por no ser aptas para la explotación agropecuaria, deben ser destinadas al cultivo de especies maderables y arbustivas, a la conservación de la vegetación protectora, inclusive la herbácea y la que así se considere mediante estudios de clasificación de suelos, de conformidad con los requerimientos de interés público y de conservación del medio ambiente.

Además garantiza el derecho de propiedad privada sobre las tierras forestales y los bosques de dominio privado, con las limitaciones establecidas en la Constitución y las Leyes; como en el caso de bosques naturales, ubicados en tierras de exclusiva aptitud forestal, donde el propietario deberá conservarlos y manejarlos con sujeción a las exigencias técnicas que establezcan los reglamentos de esta Ley. Para lo cual el Estado

brindara asistencia técnica y crediticia para el establecimiento y manejo de nuevos bosques.

De acuerdo al Capítulo V (De las Plantaciones Forestales), en su Artículo 13 se declara obligatoria y de interés público la forestación y reforestaciones de las tierras de aptitud forestal, tanto públicas como privadas, y prohíbase su utilización en otros fines. Para tal efecto, el Ministerio del Ambiente, formulará y se someterá a un plan nacional de forestación y reforestación, cuya ejecución la realizará en colaboración y coordinación con otras entidades del sector público, con las privadas que tengan interés y con los propietarios que dispongan de tierras forestales.

Y en el Título V (Disposiciones generales), Artículo 103 donde se señala que para las actividades de planificación, manejo, aprovechamiento, administración, control e inventario forestales, se debe contarán con la participación de ingenieros forestales, ingenieros agrónomos, ingenieros agrícolas u otros profesionales especializados en ciencias forestales; además que es obligatorio para las empresas privadas de actividad forestal el contar con los servicios especializados de esta clase de profesionales.

1.8. CLIMATOLOGIA

Con la ayuda de los registros de la estación meteorológica ubicada en San Vicente de Pusir se consideraron los datos sobre, temperatura, precipitación (Ver Anexo 1); y los datos de, de Humedad relativa media (73.0%), Nubosidad media (37.5%), Velocidad del viento (14.5 Km/h) y Heliofania media (51.5%), que se registraron en el periodo 2004-2009, estos ayudaron a la obtención de los resultados.

Además se consiguieron datos de máximas y mínimas que se describen en el siguiente cuadro:

Tipo de valor	Humedad relativa (%)	Nubosidad (%)	Velocidad del viento (Km/h)	Heliofania (%)
Media	73.0	37.5	14.5	51.5
Máxima	84.6	44.2	16.2	53.3
Mínima	66.3	32.5	12.9	49.6

1.9. RECURSO HIDRICO

Se buscaron datos sobre precipitaciones de Pusir, estos apoyaron para la realización del diagnostico. Además se identifican las quebradas o drenajes superficiales ubicados dentro del área de estudio (Ver Mapa de zonas de precipitación media anual, Mapa de pendientes).

1.10. RECURSO DEL SUELO

En base a la cobertura digital de suelos de la parroquia San Vicente de Pusir escala 1: 50 000 se identificaron los tipos de suelos existentes dentro del área de estudio. (Ver Mapa Geológico).

1.11. COMPONENTE HUMANO Y SOCIOECONOMICO

RAMA DE ACTIVIDAD DE LAS PERSONAS DE LA PARROQUIA DE SAN VICENTE DE PUSIR Y EL ANGEL

AREA # 040254

SAN VICENTE DE PUSIR

Rama de actividad (Primer nivel)	Casos	%	Acumulado %
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	571	66,86 %	66,86 %
Explotación de minas y canteras	1	0,12 %	66,98 %
Industrias manufactureras	11	1,29 %	68,27 %
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1	0,12 %	68,38 %
Construcción	12	1,41 %	69,79 %
Comercio al por mayor y menor	70	8,20 %	77,99 %
Transporte y almacenamiento	11	1,29 %	79,27 %
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	7	0,82 %	80,09 %
Información y comunicación	3	0,35 %	80,44 %
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	4	0,47 %	80,91 %
Administración pública y defensa	9	1,05 %	81,97 %
Enseñanza	12	1,41 %	83,37 %
Actividades de la atención de la salud humana	7	0,82 %	84,19 %
Otras actividades de servicios	2	0,23 %	84,43 %
Actividades de los hogares como empleadores	22	2,58 %	87,00 %
No declarado	90	10,54 %	97,54 %
Trabajador nuevo	21	2,46 %	100,00 %
Total	854	100,00 %	100,00 %

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA -CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)
ELABORADO POR: DESAE DIZ3C - SANTIAGO ABRIL



1.12. UBICACIÓN GEOPOLITICA

Las comunidades de Pusir y su territorio se encuentran situados en la Sierra Norte del país dentro del Valle del Chota. Políticamente se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, cantón Bolívar, parroquia San Vicente de Pusir (Mapa Base).

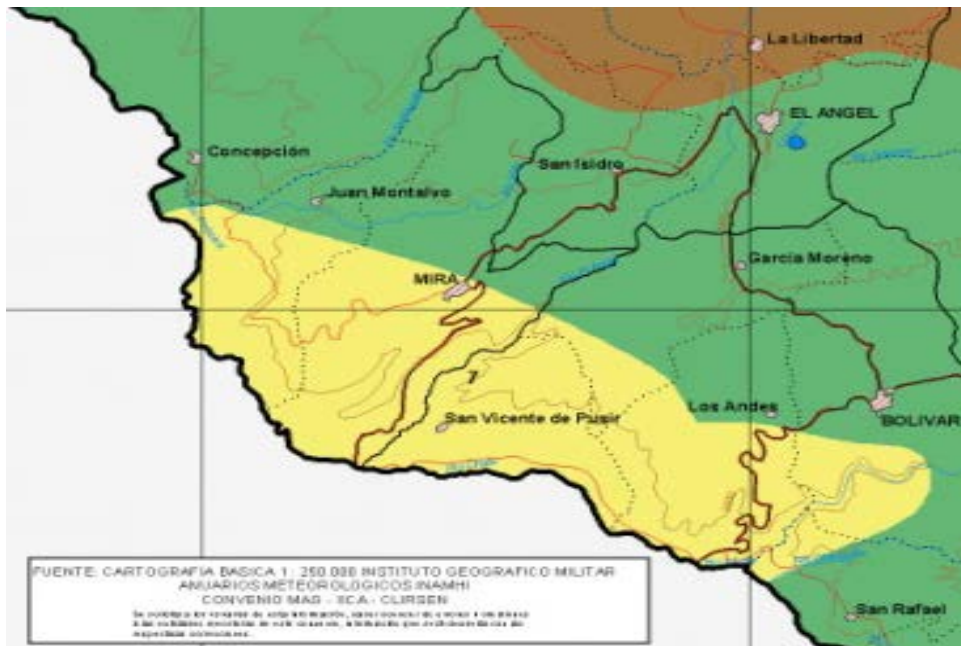
El territorio perteneciente a las comunidades en estudio tiene como límites: al norte, las comunidades de la Piedra, el Tambo y Yascón; al sur, el río Chota; al este, la loma

Pilcacho y la comunidad Juncal; y al oeste, por la quebrada La Florida. El área de estudio tiene una extensión de 1 652.0052 hectáreas.

1.13. TIPOS DE BIOCLIMA

PROVINCIA DE CARCHI

MAPA DE TIPOS DE CLIMA



CODIGO	TIPOS DE CLIMA	SUPERFICIE ha	%
	MEGATERMICO LLUVIOSO	84566	22.43
	TROPICAL MEGATERMICO LLUVIOSO	39575	10.50
	ECUATORIAL MESOTERMICO SEMI HUMEDO	120458	31.95
	ECUATORIAL MESOTERMICO SECO	20697	5.49
	ECUATORIAL DE ALTA MONTANA	111737	29.64

Aquí podemos observar que sectores tienen diferentes tipos de clima y de esta manera saber qué tipo de productos se pueden sembrar y van a dar mayor producción.

1.14. USO ACTUAL DEL SUELO

El uso actual del área de estudio es muy importante para saber cómo utilizar la tierra en cada sector, donde se encontró tres zonas bien diferenciadas: la primera, con pendientes fuertes y Vegetación Natural (Vn) con 1 080.2952 ha; la segunda, donde se encuentran los Asentamientos Humanos (Ah) con 29.5045 ha, los Cultivos Frutales (Cf), Cultivos Perennes (Cp) y los Cultivos de Ciclo Corto (Cc) que juntos como Tierras Agrícolas suman 525.6874 ha; y la última, ubicada cerca del río donde se encuentran las áreas Sin Vegetación con 12.8322 ha y los Cuerpos de Agua (Ca) que son los tramos de río dentro del área de estudio con 3.6859 ha.

1.15. DEMOGRAFIA

La población total de la parroquia San Vicente de Pusir según el INEC es de 2 044 habitantes.

En el área de estudio la población está concentrada en dos comunidades integrada por individuos casi en su totalidad afroecuatorianos. Se registró que existe una media de 5 habitantes por familia.

AREA # 040254

SAN VICENTE DE PUSIR

GRUPOS ÉTNICOS 1	Casos	%	Acumulado %
INDÍGENA	49	2,40 %	2,40 %
AFROECUATORIANO/A	1.165	57,00 %	59,39 %
MONTUBIO/A	6	0,29 %	59,69 %
MESTIZO/A	788	38,55 %	98,24 %
BLANCO/A	36	1,76 %	100,00 %
Total	2.044	100,00 %	100,00 %

FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA -CPV 2010-

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

ELABORADO POR: DESAE DIZ3C - SANTIAGO ABRIL



1.16. EMPLEO

Según datos obtenidos la principal ocupación es la agricultura, que en muchos de los casos no genera ganancias y cubre escasamente las necesidades básicas de las familias; además, a esta actividad se encuentra ligado el trabajo familiar ya que todos los miembros ayudan en las labores agrícolas sin percibir una remuneración económica. El nivel de ingresos y egresos como consecuencia es muy bajo y en muchos casos no están relacionados con trabajos agrícolas y más bien provienen de actividades o trabajos fuera de las comunidades.

Las principales ocupaciones o empleos efectuados por los habitantes de las comunidades que se encuentran dentro del área de estudio son la agricultura y el comercio, y en menor cantidad son empleados dentro de distintas actividades como empleados públicos, choferes, deportistas y la artesanía.

En la agricultura el dueño percibe un ingreso cada ciclo de siembra por la ganancia de la comercialización del producto más no por su trabajo y el peón que trabaja un entre dos a cuatro días semanales recibe una remuneración económica que se llama jornal con un valor de 7 dólares que en el mejor de los casos llega a 10 dólares, razón por la cual la agricultura no es una actividad que genere ingresos suficientes para la subsistencia de las familias.

1.16.1. Sustento económico

El sustento económico dentro de los hogares generalmente es dado por el padre, la madre y en muchos casos por los dos, lo que significa que el trabajo se distribuye y que las mujeres aportan económicamente para el sustento de sus familias.

1.16.2. Ingresos

El nivel de ingresos de la población de las comunidades es muy bajo ya que el 49.3% sobreviven con ingresos menores a cien dólares, el 28.2% tienen ingresos entre cien y ciento cincuenta dólares y tan sólo el 22.5% tienen ingresos superiores a los 150 dólares.

1.16.3. Egresos

Al igual que los ingresos, el nivel de egresos es bajo ya que la mayoría de productos alimenticios se obtienen de sus tierras o huertas; el dinero que generan por la venta de sus productos o su trabajo lo utilizan para comprar los bienes que no se encuentran en su comunidad y para pagar servicios como transporte y servicios básicos. El 59.2% tiene egresos menores a 100 dólares, un 22.5% de entre 100 y 150 dólares y un 18.3% con egresos mayores a 150 dólares.

1.17. MIGRACION

La migración es un factor clave en el desarrollo de las dos comunidades debido a la falta de empleo, situación que les obliga a los jóvenes a migrar hacia las ciudades en busca de trabajos mejor remunerados como: en plantaciones florícolas y empleos en las ciudades, especialmente en trabajos domésticos y como empleados públicos.

Los principales destinos laborales son las plantaciones florícolas de Tabacundo, El Quinche y La Victoria de Salinas, para desarrollar otro tipo de empleo, son Ibarra y Bolívar.

1.18. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BASICOS

Los dos centros poblados se encuentran en lugares bien definidos, existiendo en cada comunidad un área destinada para la vivienda y otra para las actividades agrícolas. Ello permite la concentración de la infraestructura y los servicios básicos con los que cuenta cada comunidad.

1.18.1. Servicio de Transporte

El servicio de transporte se lo realiza mediante la utilización de camionetas, aunque existe el ingreso de buses de servicio público de la cooperativa Valle del Chota en turnos especiales.

1.18.2. Electricidad

La comunidad cuenta con el servicio de luz eléctrica y alumbrado público a través del Sistema Interconectado.

AREA # 040254

SAN VICENTE DE PUSIR

Procedencia de luz eléctrica	Casos	%	Acumulado %
Red de empresa eléctrica de servicio público	513	95,00 %	95,00 %
Generador de luz (Planta eléctrica)	1	0,19 %	95,19 %
No tiene	26	4,81 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA -CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.3. Alcantarillado

El alcantarillado en las dos comunidades es un proyecto nuevo que se incorpora a la red de servicios básicos para aportar al bienestar social y a la salud de Pusir. En la comunidad de Pusir es prácticamente nuevo y se encuentra en funcionamiento.

Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	%	Acumulado %
Conectado a red pública de alcantarillado	316	58,52 %	58,52 %
Conectado a pozo séptico	29	5,37 %	63,89 %
Conectado a pozo ciego	24	4,44 %	68,33 %
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	11	2,04 %	70,37 %
Letrina	19	3,52 %	73,89 %
No tiene	141	26,11 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.4. Agua

El agua que abastece a las dos comunidades es entubada y proviene de canales de riego; por lo que, los habitantes de las comunidades la usan para lavar ropa y utensilios de cocina. El agua para cocinar y beber proviene de la ciudad de Bolívar, esta es surtida mediante un tanquero que periódicamente visita los dos poblados.

Mediante la realización de un análisis de agua proveniente del canal de riego que reciben las dos comunidades y, la comparación de los resultados con los estándares técnicos de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, del Ecuador y la Norma técnica ecuatoriana para el agua potable, del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) se obtuvo los siguientes resultados:

La existencia de substancias orgánicas no biodegradables debido a el valor elevado de la demanda química de oxígeno (DQO), cuyo valor puede provenir de pesticidas, residuos de desinfectantes y subproductos de desinfección; y, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fuera de los estándares para el consumo humano.

AREA # 040254**SAN VICENTE DE PUSIR**

Procedencia principal del agua recibida	Casos	%	Acumulado %
De red pública	244	45,19 %	45,19 %
De pozo	6	1,11 %	46,30 %
De río, vertiente, acequia o canal	218	40,37 %	86,67 %
De carro repartidor	59	10,93 %	97,59 %
Otro (Agua lluvia/albarrada)	13	2,41 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.5. Recolección de basura

La eliminación de desechos se realiza mediante el recolector de basura de propiedad del Municipio de Bolívar. Este realiza un recorrido por las comunidades los días jueves; aunque existen prácticas inapropiadas de algunas personas que eliminan su basura arrojándola en terrenos, quebrada o incinerándola.

AREA # 040254**SAN VICENTE DE PUSIR**

Eliminación de la basura	Casos	%	Acumulado %
Por carro recolector	420	77,78 %	77,78 %
La arrojan en terreno baldío o quebrada	73	13,52 %	91,30 %
La queman	32	5,93 %	97,22 %
La entierran	11	2,04 %	99,26 %
La arrojan al río, acequia o canal	1	0,19 %	99,44 %
De otra forma	3	0,56 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.6. Telecomunicaciones

El acceso a las telecomunicaciones se limita a la existencia de pocas líneas de teléfono convencional que no supera 10 usuarios en cada comunidad. Pero un gran número de personas lo realiza mediante la telefonía celular.

1.18.7. Vías de comunicación

La vía que comunica a las dos comunidades se encuentra en mal estado, ya que presenta sectores con anegamientos de agua y constantes polvaredas en el trayecto. Para ingresar al área de estudio se cuenta con varias entradas, una por el poblado del Chota que se conecta con la comunidad de Tumbatú; otra, cuyo ingreso se encuentra en el sector de Piquiucho y otro por Carpuela que conecta al puente peatonal de Pusir Grande.

AREA # 040254

SAN VICENTE DE PUSIR

Vía de acceso principal a la vivienda	Casos	%	Acumulado %
Calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	45	8,33 %	8,33 %
Calle o carretera empedrada	80	14,81 %	23,15 %
Calle o carretera lastrada o de tierra	381	70,56 %	93,70 %
Camino, sendero, chaquiñán	34	6,30 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.8. Educación

La comunidad de Pusir cuenta con un centro de educación inicial “Esmeraldas”, uno de educación primaria: Jardín de Infantes “Galo Plaza Lazo.” y la Red educativa (escuela y colegio) “Pusir Grande”.

Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió	Casos	%	Acumulado %
Ninguno	126	6,84 %	6,84 %
Centro de Alfabetización/(EBA)	39	2,12 %	8,96 %
Preescolar	20	1,09 %	10,05 %
Primario	834	45,30 %	55,35 %
Secundario	293	15,92 %	71,27 %
Educación Básica	302	16,40 %	87,67 %
Bachillerato - Educación Media	154	8,37 %	96,03 %
Ciclo Postbachillerato	8	0,43 %	96,47 %
Superior	47	2,55 %	99,02 %
Postgrado	2	0,11 %	99,13 %
Se ignora	16	0,87 %	100,00 %
Total	1.841	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA -CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.18.9. Salud

En cada comunidad existe un Subcentro de Salud donde la atención se realiza en el horario de 8:00 a 16:30, mismo que cuenta con los servicios médico y odontológico. Cuando se trata de una emergencia las personas son trasladadas hacia la ciudad de Ibarra, debido a la cercanía y a los servicios hospitalarios que se encuentran en dicho lugar.

1.18.10. Vivienda

El 77.15% de la población tiene vivienda propia, un 15.71% vivienda arrendada y el 7.14% vivienda prestada.

En las dos comunidades la vivienda es de diversos materiales. Las casas hace algunos años se construían de tapias de barro con techos de madera y recubrimiento de teja, pero en los últimos años los materiales han cambiado y se observa que la construcción se realiza con materiales como bloque, ladrillo y lozas de cemento armado.

Tipo de la vivienda	Casos	%	Acumulado %
Casa/Villa	476	88,15 %	88,15 %
Departamento en casa o edificio	5	0,93 %	89,07 %
Cuarto(s) en casa de inquilinato	9	1,67 %	90,74 %
Mediagua	48	8,89 %	99,63 %
Covacha	2	0,37 %	100,00 %
Total	540	100,00 %	100,00 %



FUENTE: CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA - CPV 2010-
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)

1.19. DISTRIBUCION Y TENENCIA DE LA TIERRA

La comunidad de Pusir antiguamente pertenecía a haciendas que luego de la reforma agraria promulgada en 1964 fueron repartidas, por lo que la propiedad fue dividida en fincas que están en manos personas ajenas a las comunidades y en pequeños latifundios a los que en la actualidad los pobladores las llaman huertas o fincas.

Las de extensión de cero a una hectárea son huertas pequeñas, las de una a dos hectáreas son huertas medianas y las mayores a dos hectáreas muy pocas en la área de estudio son consideradas huertas grandes. Esto con el agravante de su alto costo por hectárea que fácilmente supera los 10 000 dólares.

Además de la predominancia del minifundio entre los pobladores de las comunidades también se encontró que el 62% tiene un terreno o huerta como propiedad y el 38% no tiene tierras.

1.20. SISTEMA DE PRODUCCION

El sistema de producción del área de estudio comprende el cultivo de productos tanto para autoconsumo y la venta sean estos tradicionales, así como cultivos promovidos por Instituciones Públicas y ONG's.

1.20.1. Principales cultivos

Los productos que se cultivan en mayor cantidad en la zona son el fréjol y la caña de azúcar, luego les siguen el aguacate, el pimiento, el ají, la yuca, el camote y el guandúl. Éstos tienen diferentes destinos sea el autoconsumo o la venta (Ver Anexo 2, Mapa aptitudes agrícolas.).

1.20.2. Producción ganadera

La producción ganadera en la zona es limitada, existen fincas avícolas dedicadas a la producción de pollos de engorde. En cambio en las comunidades se cría pollos, cerdos, y chivos para el autoconsumo, ganados como el caballo y el vacuno que en su mayoría se utilizan para la labranza de la tierra.

1.20.3. Actividades Productivas Complementarias

En el área de estudio se desarrollan actividades productivas complementarias como la recolección de churos o caracoles y la comercialización de carbón elaborado del espino. A la recolección de churos se dedican las mujeres y niños de las familias con menos recursos económicos. La unidad de comercialización es el almud que equivale al volumen de cuatro galones. La recolección se realiza mediante caminatas por lugares

con vegetación arbustiva y herbácea, en donde estos caracoles habitan. Su costo varía entre los quince y veinte dólares.

La elaboración de carbón vegetal es una actividad que la realizan muchas personas debido a la escasez de trabajo. La leña se obtiene tumbando los árboles de espino y cortándolos en trozos más pequeños, estos se colocan dentro de un hueco o zanja y se cubre con tierra, esto simula un horno que quema la leña parcialmente y la convierte en carbón. Esta actividad consume los remanentes de bosque colindantes con caminos, fincas y quebradas que desaparecen lentamente.

1.20.4. Organizaciones Sociales

Se encontraron organizaciones locales que buscan promover y gestionar el desarrollo en áreas relacionadas a los ámbitos deportivo, económico, religioso, productivo y al uso y aprovechamiento del agua.

1.21. CONTEXTUALIZACION HISTORICA

En el Valle del Chota, la presencia de los descendientes de africanos fue mucho más importante que en cualquier otra parte del Ecuador, luego de Esmeraldas. En el período de la transición de las plantaciones de algodón a las haciendas azucareras se dan importantes introducciones de esclavos a esta fértil región del norte ecuatoriano.

A finales del siglo XVI el área sería centro de desarrollo de haciendas cañeras. Las órdenes religiosas de los Jesuítas y los Dominicos acumularon grandes extensiones en el valle manejando complejos cañeros.

Durante el siglo XVII, luego de la disminución de la población indígena con los sistemas de explotación de la mita y la encomienda, los Jesuítas buscan importar esclavos en gran cantidad, la cual fue tan intensa, que según cálculos hechos en 1780,

13 años luego de la expulsión de los jesuitas del Ecuador, en esta región habían al menos de 2 615 esclavos de todas las edades.

Esta situación comenzó a disminuir luego de la libertad de vientres decretada en 1821 por el Congreso de la Gran Colombia, siendo abolido totalmente el sistema en 1851. Luego de abolido el sistema esclavista, el liberto queda sin tierra y sin alternativa distinta que continuar al servicio de su antiguo amo y dueño de las haciendas, quien les empleaba como peones con salarios de miseria y les arrendaba porciones de tierras a cambio de varios días de jornal completamente gratis.

La dependencia de la hacienda seguía siendo importante en base a la cual se podía acceder al agua, leña, utilizar caminos y senderos. Dándose en las haciendas dos lógicas productivas; una articulada tempranamente al mercado de la hacienda cañera; y otra la producción de los huasipungos llamados huertas en los que la producción se diversificaba en cultivos de yuca, frejol, guadúl y plátano. Hacia la década de los 50 existían tres tipos de explotaciones, inmensos latifundios como el de San Vicente de Pusir; haciendas medias en vías de modernización; y, pequeños huasipungos marginados en las zonas secas.

Hacia la década de los 70 se sucedieron transformaciones en el valle y los campesinos se conectaron con el capital industrial a través de la producción cañera en el ingenio Tababela creado en la zona. En las tierras del estado, este asumió la misión de convertir la hacienda en una entidad productiva a través de la organización de fincas familiares en los que el patrón de cultivo cambia y pasa del monocultivo de caña de azúcar a la producción de cultivos de ciclo corto como el tomate, pimiento, ají y fréjol.

1.22. IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICOS

Los pobladores de la comunidad de Pusir identificaron aspectos que desde su punto de vista constituyen problemas ambientales que afectan al los recursos naturales y a su calidad de vida.

CAPITULO 2

2. MAPAS

Un mapa es una forma de representar de una manera gráfica y métrica una porción de territorio que normalmente es en una superficie bidimensional, pero con el tiempo y el avance tecnológico ahora también podemos obtenerlos en tercera dimensión eso quiere decir que podemos observar la altura. De esta manera es posible tomar medidas de distancias, ángulos, superficies o alturas (en el caso de 3D) sobre él, y obtener un resultado lo más exacto posible.

Los mapas hoy en día son sumamente importantes porque nos proporcionan información detallada de prácticamente cualquier lugar del mundo sin necesidad de ir al sector de interés y de esa forma ahorrarnos mucho tiempo.

El uso de las técnicas basadas en la fotografía por satélite, ha hecho posible no sólo conocer el contorno exacto de un país, de un continente, o de todo el mundo, sino también aspectos etnológicos, históricos, estadísticos, hidrográficos, orográficos, geomorfológicos, geológicos, y económicos, que llevan al hombre a un conocimiento más amplio de su medio, del planeta en el que vive.

El estudiar y hacer análisis sobre un mapa es bastante exacto ya que los errores geométricos de un mapa suelen mantenerse por debajo de lo que el ojo humano puede percibir, es por esto que cabe recalcar que la percepción visual humana es de 0,2 mm.

La cuestión esencial en la elaboración de un mapa, es que la expresión gráfica debe ser clara, sin sacrificar por ello la precisión. El mapa es un documento que tiene que ser entendido según los propósitos que intervinieron en su preparación. Todo mapa tiene un orden jerárquico de valores, y los primarios deben destacarse por encima de los secundarios.

Los mapas siempre van de acuerdo a una escala y sus detalles en proporción a dicha escala y existen de mapas para varias necesidades y con diferentes detalles. Estos están representados con diferentes formas de lecturas comúnmente se encuentran con colores y leyendas, y junto a los mapas encontraremos cuadros que nos faciliten la descripción y el significado del mapa en base a sus colores y leyendas.

A continuación detallaremos algunos tipos de mapas que nos ayudaran dentro de nuestro proyecto.



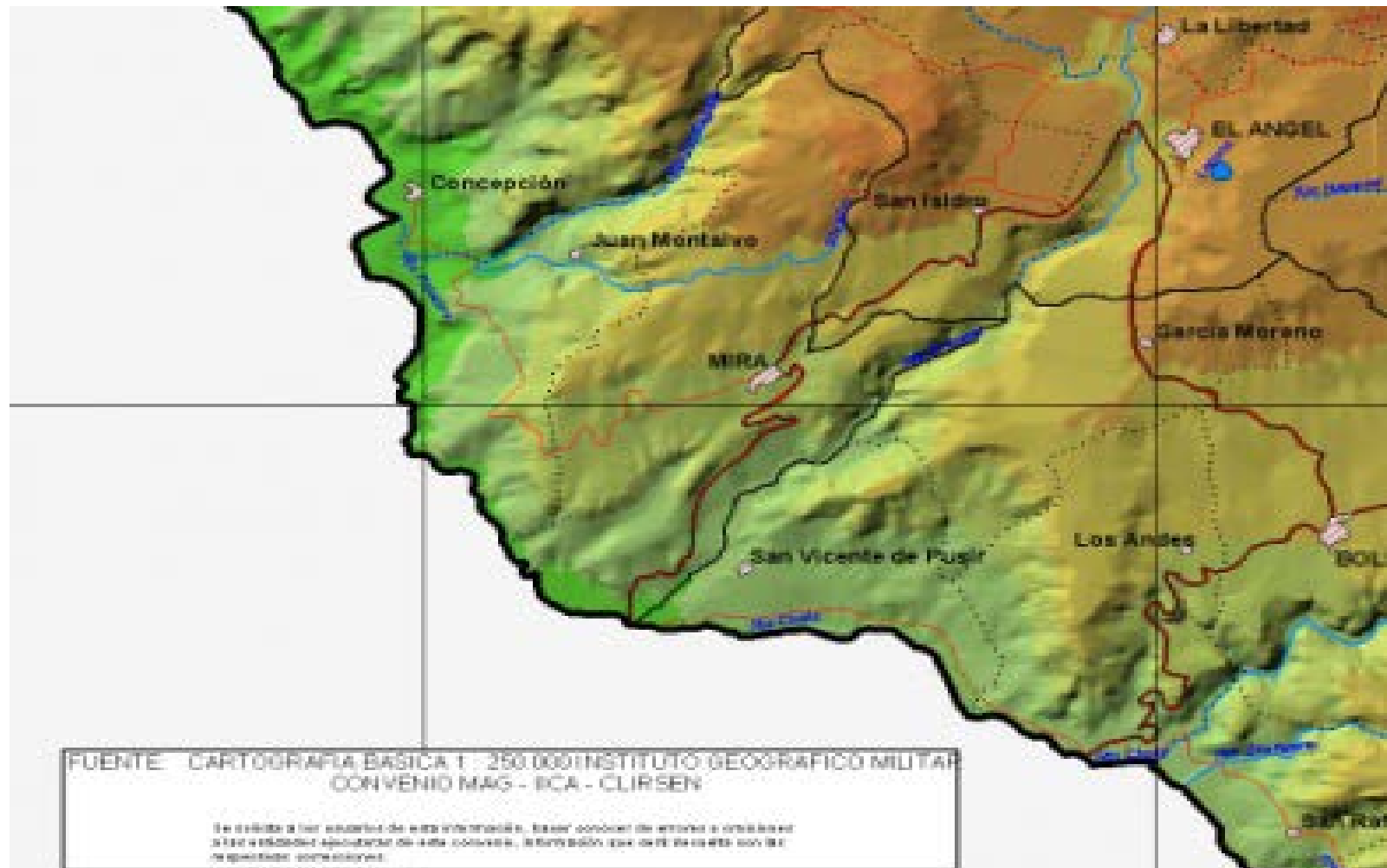
Mapa de ubicación nos proporciona el lugar exacto dentro del Globo terráqueo, observamos que estamos en Sur América, Ecuador, Provincia del Carchi.










2.1. Mapa Base Provincia de Carchi



Mapa Base de la provincia del Carchi en el cual podemos observar las diferentes limitaciones de cada parroquia y cantón además de sus ríos principales como el de nuestro proyecto Rio El Ángel, que se encuentra en su mayor extensión en la Parroquia San Vicente de Pusir y al terminar pasa también por la Reserva Ecológica El Ángel.

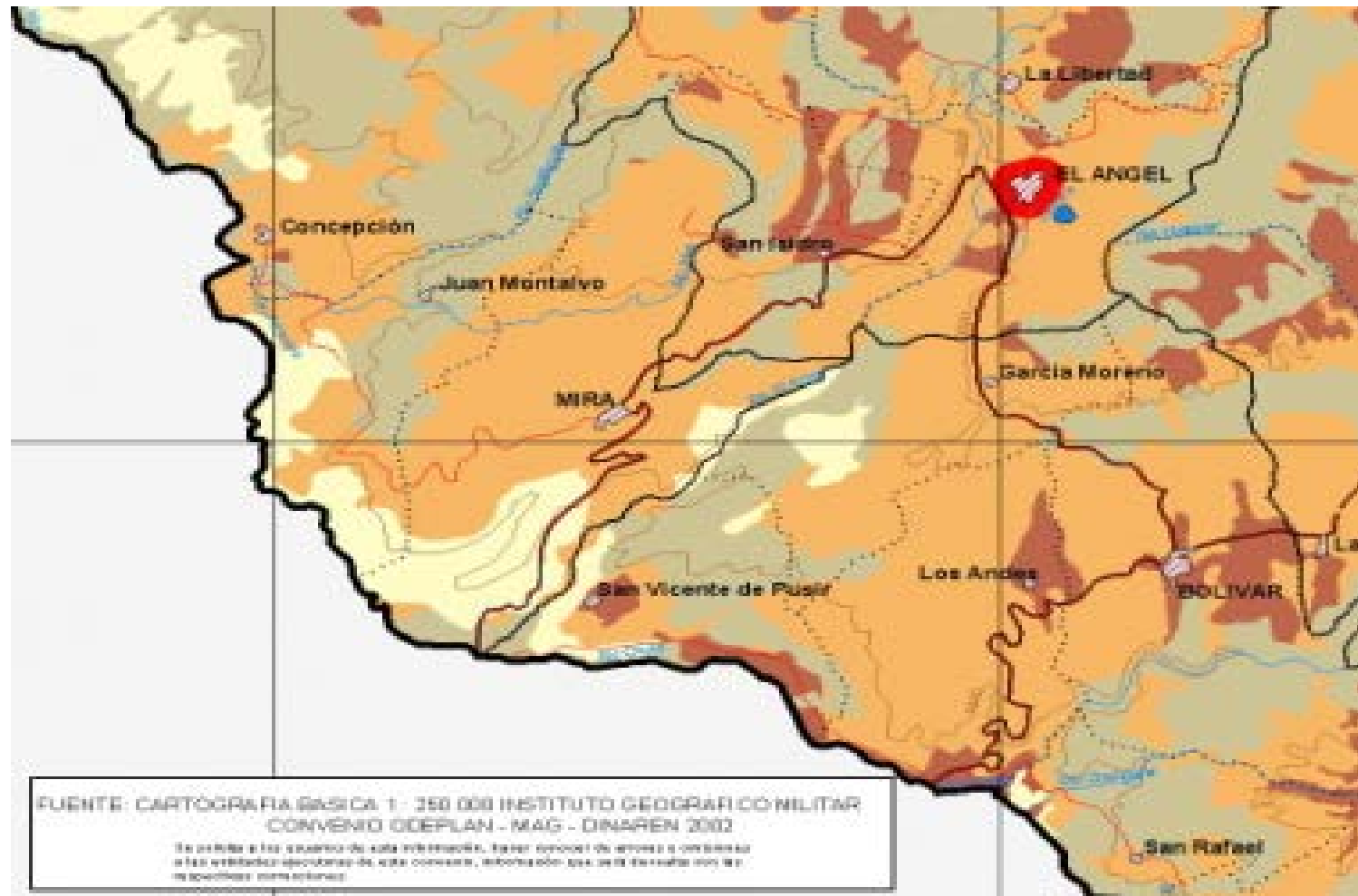
2.2. MAPA DIGITAL DEL TERRENO PROVINCIA DE CARCHI



ELEVACION m.s.n.m.	
	200-666
	667-1133
	1134-1600
	1601-2066
	2067-2533
	2534-3000
	3001-3466
	3467-3933
	3934-4400

Mapa digital del terreno en el cual se puede apreciar las elevaciones del sector para de esta manera determinar los sectores más altos y más bajos de la zona que sean críticos para el proyecto. En nuestro caso el Rio El Ángel nace de la unión de los Ríos Huarmiyacu y Cariyacu y va desde aproximadamente los 3000 metros sobre el nivel del mar hasta los 1600 metros sobre el nivel del mar.

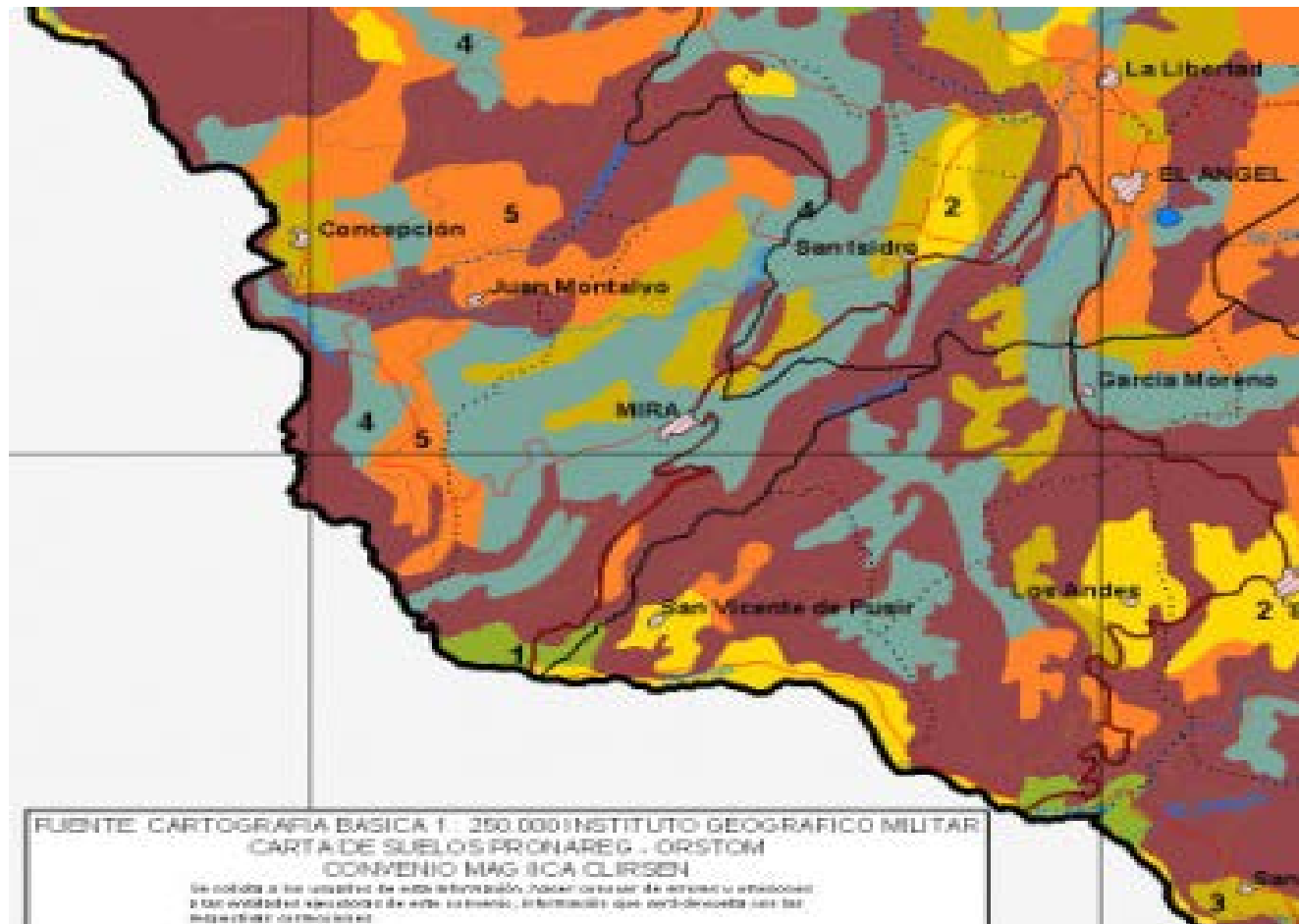
2.3. MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO PROVINCIA DE CARCHI



LEYENDA		
CONFLICTOS	SUPERFICIE (ha)	%
BIEN UTILIZADO	113709	30.1
SUB UTILIZADO	71199	18.9
SOBRE UTILIZADO	181400	48.1
EROSION	7665	2.0
ZONA DE EXPANSION URBANA		

Explica de qué manera se encuentra utilizado el suelo en el sector, lugares que por mal manejo han llegado a erosionarse, otros que se les da un uso excesivo, también suelos en los cuales se podría cultivar mas y de mejor manera pero no se lo hace pero también suelos que se encuentra en una situación optima. El Rio El Ángel en la mayoría de su trayectoria va por terreno sobre utilizado y erosionado, cabe recalcar que el sobre utilizar el suelo conlleva a la erosión del mismo.

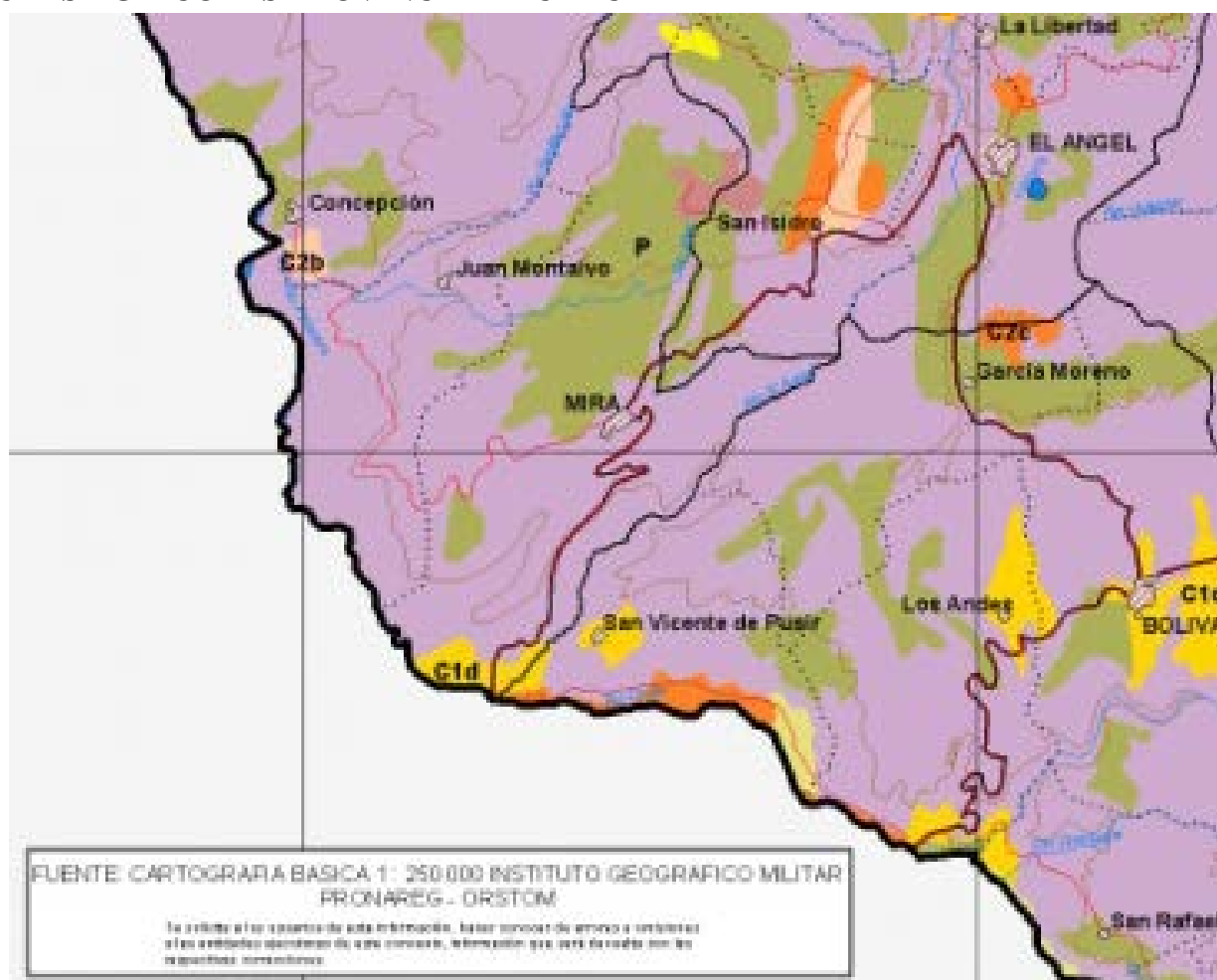
2.4. MAPA DE PENDIENTES PROVINCIA DE CARCHI



LEYENDA				
PENDIENTE	RANGO %	DESCRIPCION	SUPERFICIE ha	%
1	0-5	PLANO O CASI PLANO	1802	0.5
2	5 --12	SUAVE O LIGERAMENTE ONDULADO	18347	4.9
3	12--25	MODERADAMENTE ONDULADO	32093	8.5
4	25--50	COLINADO	64631	17.2
5	50--70	ESCARPADO	85087	22.5
6	> 10	MONTANOSO	174119	46.2
U	A_URBANA	AREA URBANA	254	0.1
Wn	C_AGUA	CUERPOS DE AGUA	253	0.1

Se puede observar los distintos rangos de pendientes en distintos sectores, lo cual ayudara a tener una mejor idea de lugares óptimos para sistemas de riegos por gravedad, presión de agua de sistemas de agua potable etc., y de esta manera aprovechar los recursos de una forma más eficiente. En el caso del Rio El Ángel este empieza con una pendiente entre el 50 y 70% en un terreno escarpado y en adelante en todo su trayecto con una pendiente mayor al 10 % en un terreno montañoso.

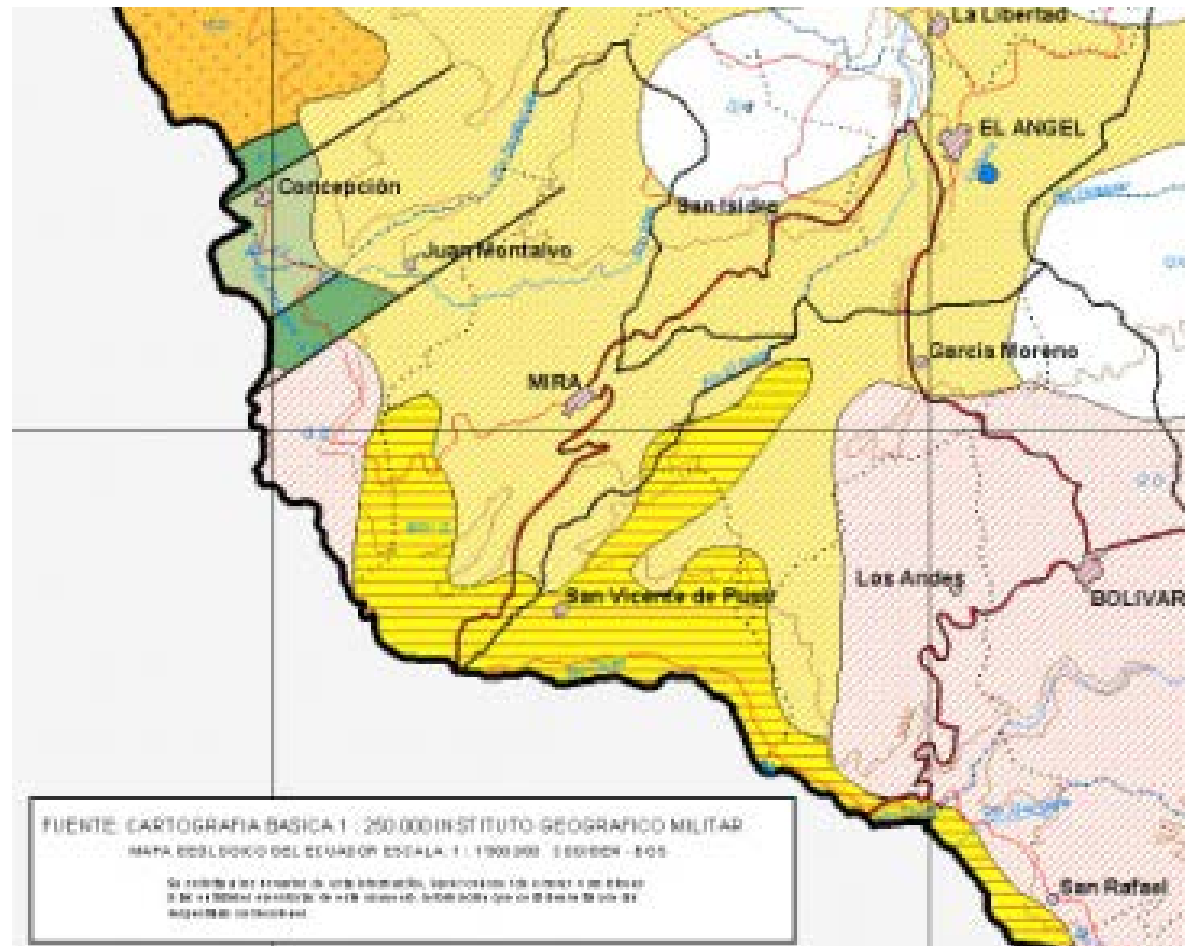
2.5. MAPA DE APTITUDES AGRICOLAS PROVINCIA DE CARCHI



USO RECOMENDADO	CARACTERISTICAS	CLAVE	Superficie (ha)	(%)
Cultivos	Agricultura con limitaciones ligeras (textura), pendiente 5-12% mecanizacion y riego muy facil.	C1b	5600	1.5
	Agricultura con limitaciones importantes (pendiente, textura, profundidad), pendiente < 12%, mecanizacion y riego muy facil.	C1c	5131	1.4
	Agricultura con limitaciones importantes (pendiente, textura, profundidad), pendiente 5-12%, mecanizacion y riego muy facil.	C1d	3503	0.9
	Agricultura con limitaciones ligeras (pendiente), pendiente < 25% mecanizacion y riego facil.	C2b	5195	1.4
	Agricultura con limitaciones importantes (pendiente, textura, pedregosidad), pendiente 12-25% mecanizacion especializada y riego dificil.	C2c	5625	1.5
	Agricultura con limitaciones importantes (pendiente), pendiente 25-50% mecanizacion especializada, riego imposible.	C3b	8061	2.2
	Agricultura con limitaciones importantes, (pendiente, profundidad, pedregosidad) medidas de proteccion, explotacion manual, plantaciones permanentes.	C4c	2343	0.6
Pasto	Zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales Existentes limitaciones importantes (pendiente, profundidad, textura y clima).	P	77875	20.7
Bosque	Forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural Limitaciones importantes (pendiente, pedregosidad, erosión y clima).	B	236199	62.9
Sin uso agropecuario	Mantenimiento de la cobertura vegetal natural, limitaciones muy importantes (pendiente, pedregosidad, erosion y clima).	S	25379	6.8
Area Urbana	Area Urbana	A_URBANA	519	0.1
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	C_AGUA	111	0.03

Nos proporciona una idea más clara de los mejores lugares y los más óptimos para la agricultura, donde la tierra sea más fértil y se tenga mayor accesibilidad a un sistema de riego ágil. En todo el trayecto del Rio existe bosque por lo cual hay forestación y reforestación y un mantenimiento adecuado de la cobertura vegetal.

2.6. MAPA GEOLOGICO PROVINCIA DE CARCHI





Aquí podemos analizar qué tipos y calidad de suelo tenemos en cada sector, si existen arcillas, arenas, roca etc., con esto podremos saber que proyectos se pueden realizar en cada lugar sin tener ninguna afectación y poder tomar soluciones a tiempo.

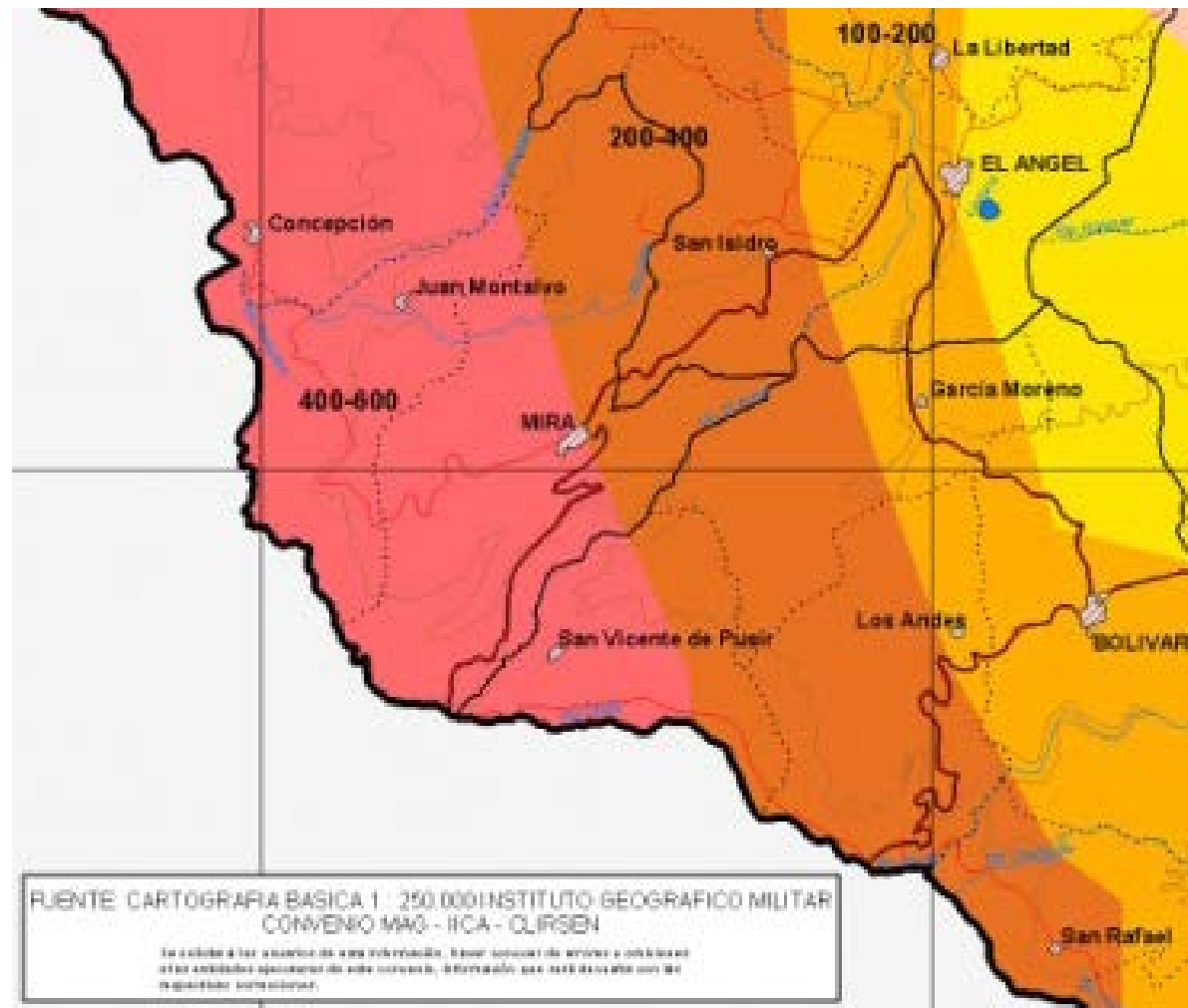
2.7. MAPA DE UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLOGICAS PROVINCIA DE CARCHI



LEYENDA		
CODIGO	ESTACION	ALTURA m
M059	TULCAN A	2934
M082	CHALPATAN	3360
M101	EL CARMELO	2820
M102	EL ANGEL	3000
M103	SAN GABRIEL	2790
M104	MIRA FAO	2270
M301	FFCC CARCHI	1280
M302	MIRA	2410
M303	SAN VICENTE PUSIR	1870
M304	MONTE OLIVO	2040
M305	JULIO ANDRADE	2790
M306	SAN JOSE ESPERANZA	3270
M307	GRUTA PAZ	2470
M308	TUFINO	3220
M562	RIO BLANCO INE	950
M692	TOBAR DONOSO	220
M694	MALDONADO C	1550
M879	APAQUI	2820

Nos proporciona sitios donde se encuentran las estaciones meteorológicas más importantes del sector. Estas estaciones nos ayudan a encontrar datos estadísticos sobre el clima en los diferentes meses del año y así saber cómo manejarnos durante esos meses tanto en sequía como en lluvias. Podemos observar que en San Vicente de Pusir y El Ángel existe una estación meteorológica.

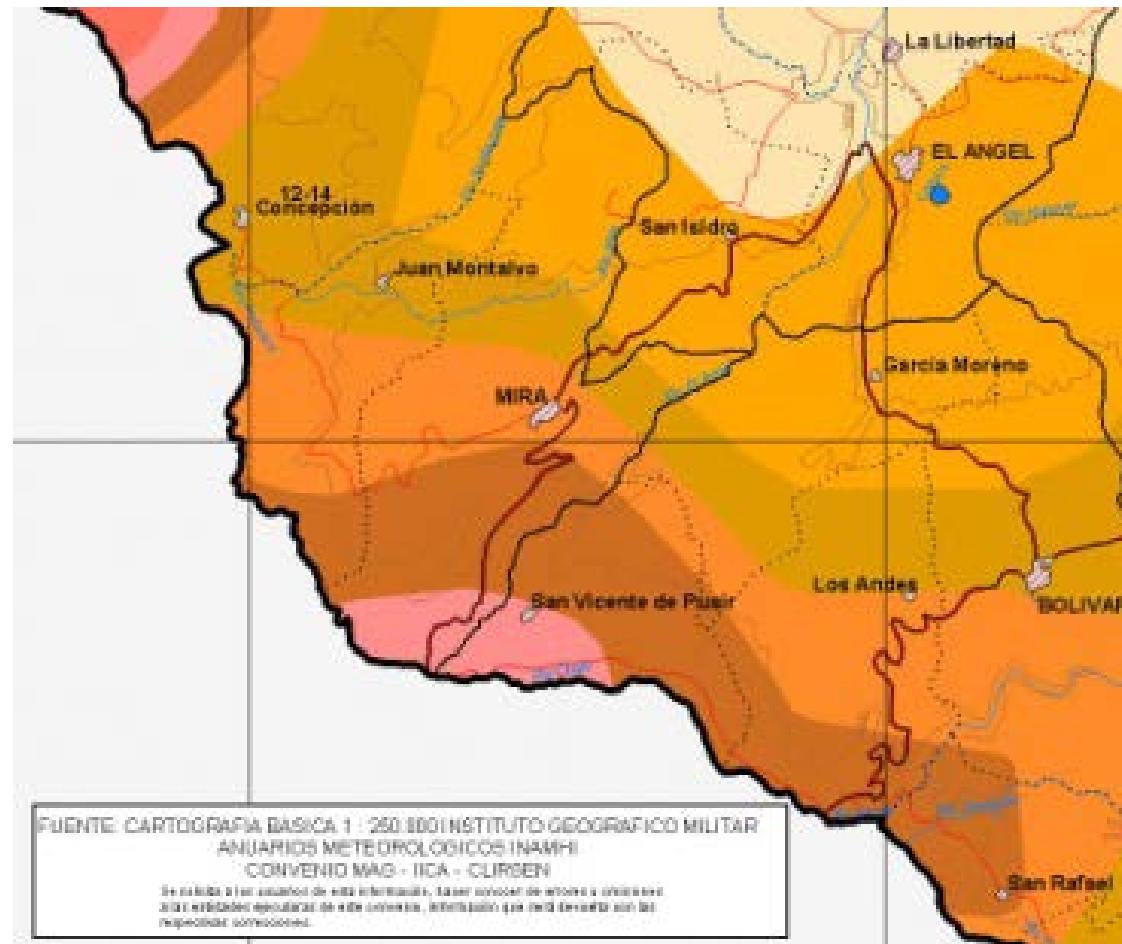
2.8. MAPA DE ZONAS DE DEFICIT HIDRICO ANUAL PROVINCIA DE CARCHI













LEYENDA			
SIMBOLOGIA	DEFICIT (mm)	SUPERFICIE ha	%
	0-5	127847	33.91
	5--25	50519	13.00
	25--50	36731	10.00
	50--100	44005	11.67
	100--200	49397	13.10
	200--400	43681	11.59
	400--600	24852	6.59

Se puede observar y analizar por sectores la cantidad de agua que disminuye, lo cual se debe a muchos factores externos. En la trayectoria del Rio El Ángel observamos que el déficit al inicio varía entre 100 y 200 mm, luego está entre 200 y 400 y finalmente está entre 400 y 600 mm.

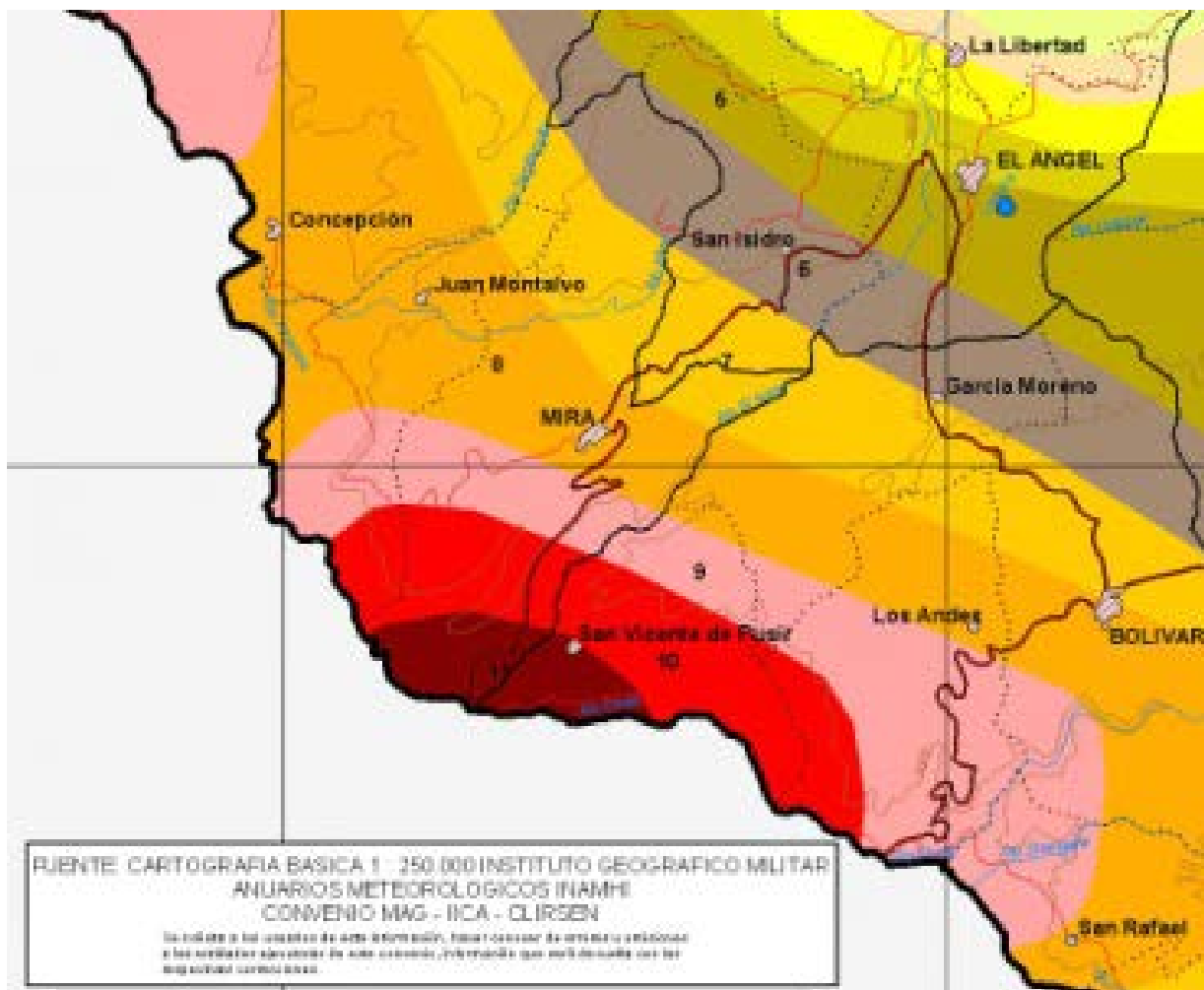
2.9. MAPA DE ZONAS DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL PROVINCIA DE CARCHI















SIMBOLOGIA	TEMPERATURA C
	4—6
	6—8
	8—10
	10—12
	12—14
	14—16
	16—18
	18—20
	20—22
	22—24

Nos proporciona la temperatura que existe en cada sector de la provincia durante el año y así saber los mejores lugares para la agricultura. Al inicio de Rio El Ángel en el sector existe una temperatura de 8 a 10 grados centígrados y conforme el Rio desciende aumenta la temperatura hasta llegar entre 18 y 20 grados centígrados.

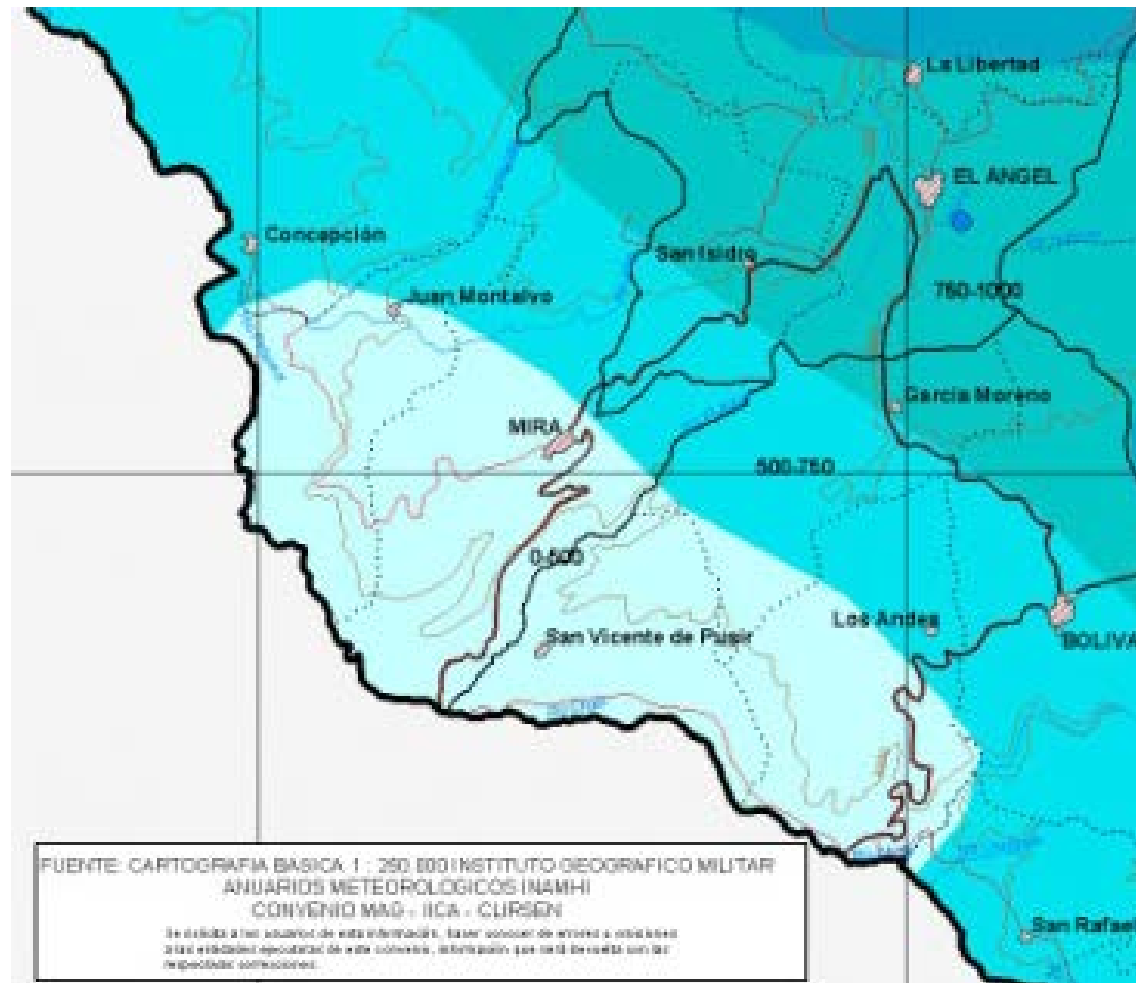
2.10. MAPA DE ZONAS DE NÚMERO DE MESES SECOS PROVINCIA DE CARCHI




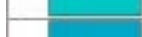
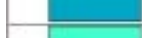





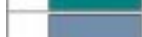





SIMBOLOGIA	No MESES SECOS
	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11

Nos ayuda analizar por sectores que lugares tienen mayor tiempo de sequía durante el año, para saber en donde se debe tener un mayor control y sea más prioritario contar con agua constante. Como se puede observar donde nace el Río El Ángel existe únicamente 3 meses de sequía, pero al finalizar en el sector de San Vicente de Pusir vemos que existe 10 meses de sequía por lo tanto en este lugar se debe tener un plan de manejo hidráulico para todo tipo de necesidad.

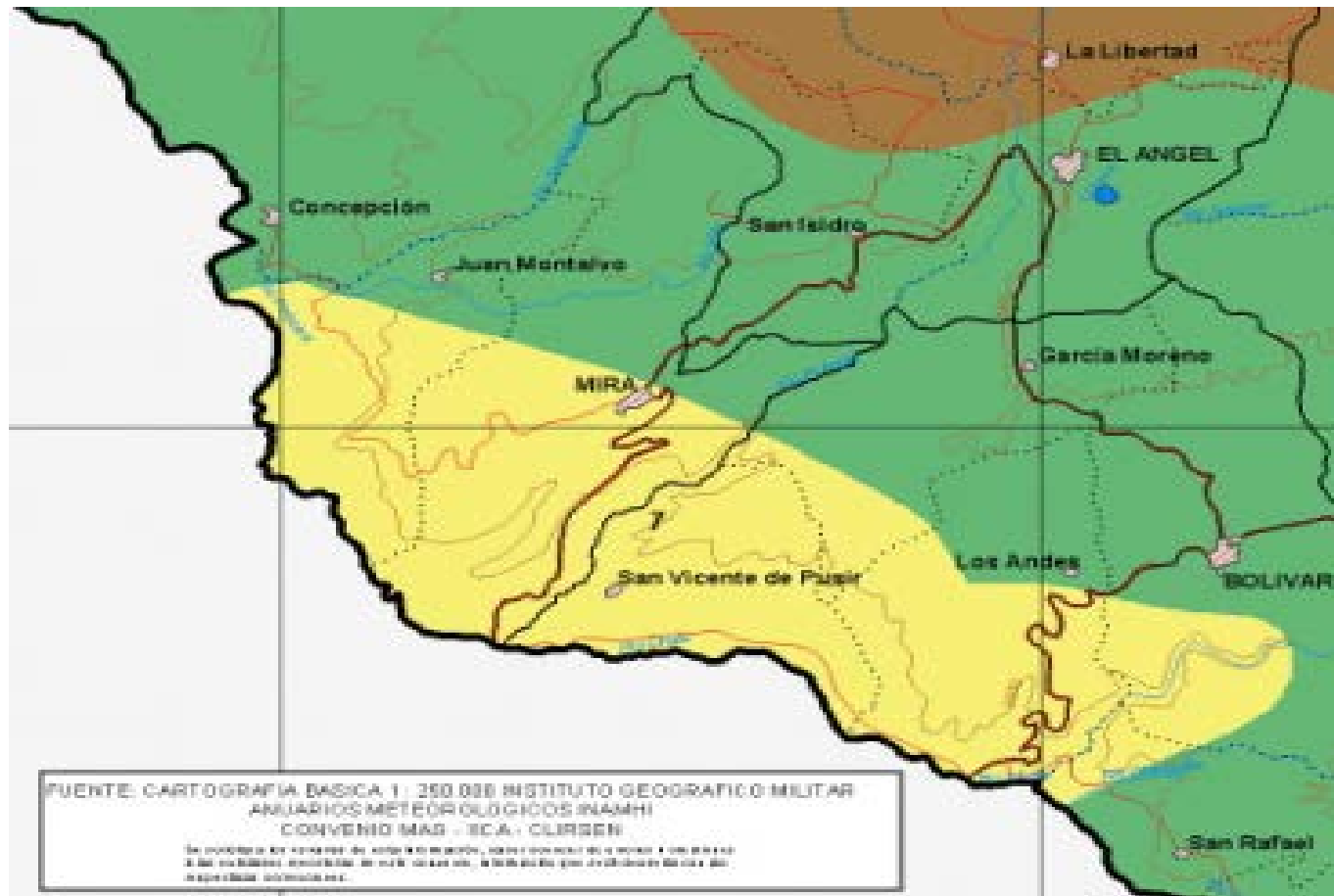
2.11. MAPA DE ZONAS PRECIPITACION MEDIA ANUAL PROVINCIA DE CARCHI



SIMBOLOGIA	PRECIPITACION mm.
	0-500
	500-750
	750-1000
	1000-1250
	1250-1500
	1500-1750
	1750-2000
	2000-2500
	2500-3000
	3000-4000
	4000-5000
	5000-6000
	6000-7000
	>7000

Nos ayuda a saber qué cantidad de agua cae y aumenta durante las lluvias existentes en estos sectores. En el Rio El Ángel la precipitación varia, al inicio tenemos una precipitación de 750 a 1000 mm hasta llegar a una precipitación de 500 a 0 mm en el final del trayecto.

2.12. MAPA DE TIPOS DE CLIMA PROVINCIA DE CARCHI



CODIGO	TIPOS DE CLIMA	SUPERFICIE ha	%
	MEGATERMICO LLUVIOSO	84566	22.43
	TROPICAL MEGATERMICO LLUVIOSO	39575	10.50
	ECUATORIAL MESOTERMICO SEMI HUMEDO	120458	31.95
	ECUATORIAL MESOTERMICO SECO	20697	5.49
	ECUATORIAL DE ALTA MONTANA	111737	29.64

Aquí podemos observar los sectores que tienen diferentes tipos de clima y de esta manera saber qué tipo de productos se pueden sembrar y van a dar mayor producción y de igual manera en los cuales se va a necesitar mayor cantidad de agua. En la primera mitad del Río El Ángel tenemos un clima mesotermico semi húmedo los cual es bastante bueno pero la segunda mitad del Río llegando a la población de San Vicente de Pusir tenemos un clima seco lo cual nos indica que es un sector que necesita mayor cantidad de agua para cualquier necesidad.

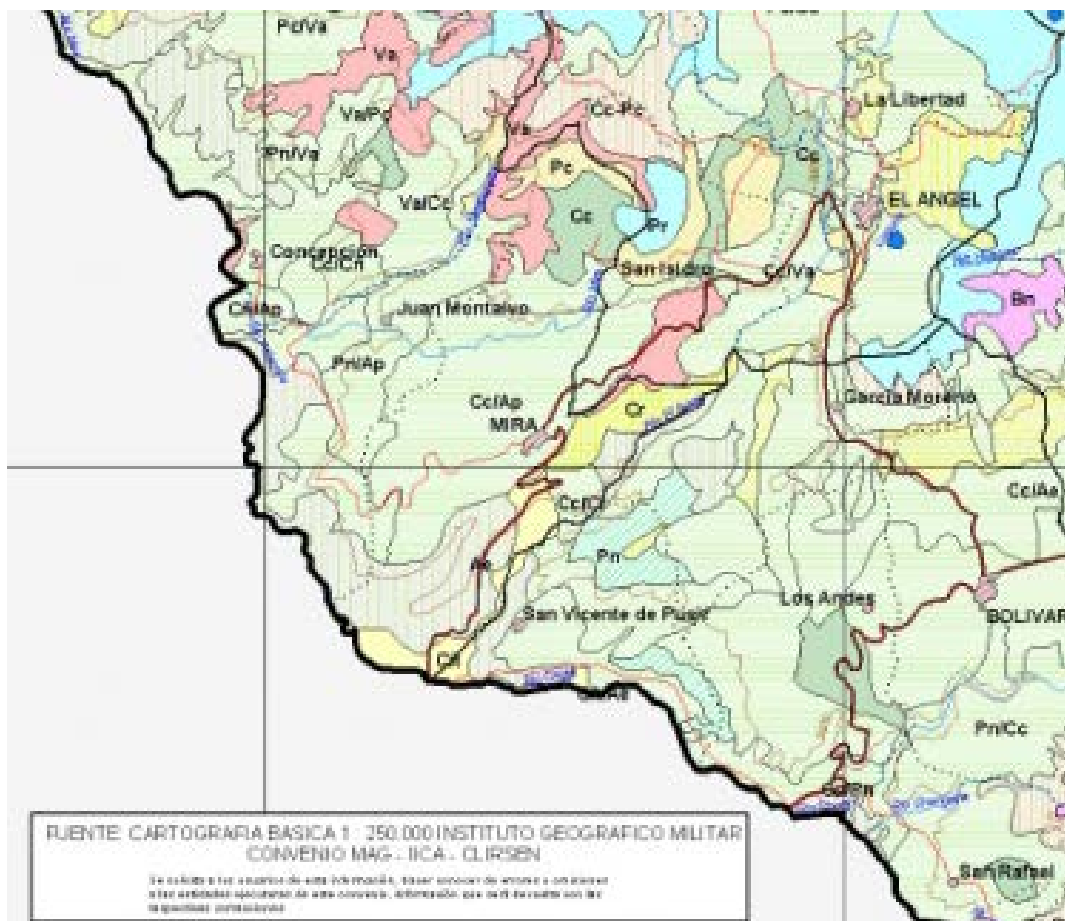
2.13. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIONES PROVINCIA DE CARCHI



DESCRIPCION	SUPERFICIE ha	%
ZONAS PROPENSAS A INUNDACIONES (DESBORDAMIENTO DE RIOS O FUERTES PRECIPITACIONES)	1702	0.4

Es de fundamental importancia debido a que nos indica que sectores son más propensos a inundaciones y saber que en esos lugares se deben tener mayores cuidados.

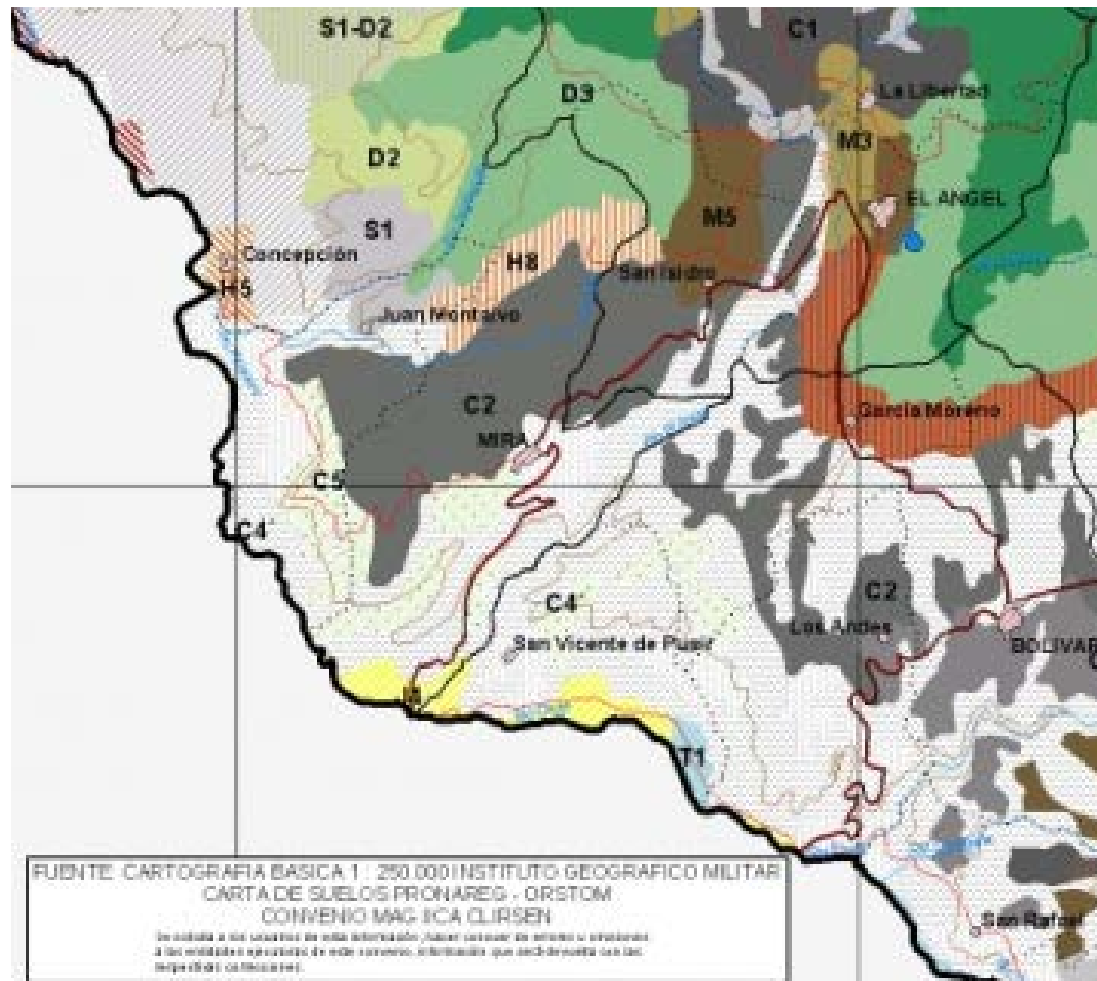
2.14. MAPA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO PROVINCIA DE CARCHI



SIMBOLO	DESCRIPCION	SUPERFICIE ha	%
Ae	Áreas Erosionadas	7659	2.0
Bn	Bosque natural	93442	24.8
Cc	Cultivos ciclo corto	4222	1.1
Cf	Frutales	730	0.2
Ca	Caña de Azúcar	1053	0.3
Pc	Pastos cultivados	7064	1.9
Pn	Pastos Naturales	1259	0.3
Pr	Paramo	46980	12.5
U	Zonas urbanas	662	0.2
Va	Vegetación arbustiva	4469	1.2
Wa	Cuerpos de agua naturales	249	0.1

Aquí tenemos una idea más clara de que existe en cada sector y de cuál es su superficie.

2.15. MAPA DE SUELOS (TAXONOMIA) PROVINCIA DE CARCHI



LEYENDA			
SIGLA TAXONOMICA	ORDEN	SUPERFICIE (ha)	(%)
A1	HISTOSOL	1653	0.44
C1	MOLLISOL	4422	1.17
C1-H9	MOLLISOL	1668	0.44
C2	MOLLISOL	12681	3.37
C3	MOLLISOL	3007	0.80
C4	MOLLISOL	4003	1.06
C4'	MOLLISOL	25632	6.81
C5	ENTISOL	3230	0.86
CD5	INCEPTISOL	6029	1.60
CD5''	INCEPTISOL	2946	0.78
D2	INCEPTISOL	31823	8.45
D3	INCEPTISOL	96824	25.71
D5	INCEPTISOL	89351	23.73
D5''	INCEPTISOL	12011	3.19
D6	INCEPTISOL	8571	2.28
D6+Ed	INCEPTISOL+ENTISOL	375	0.10
H5	MOLLISOL	384	0.10
H8	MOLLISOL	1257	0.33
H9	MOLLISOL	26054	6.92
H9-M5	MOLLISOL	3304	0.88
J4	ENTISOL	1077	0.29
M3	MOLLISOL	3440	0.91
M5	MOLLISOL	2739	0.73
N3	ENTISOL	1063	0.28
N4	INCEPTISOL	3275	0.87
Re+Ed	INCEPTISOL+ENTISOL	3150	0.84
S1	ENTISOL	6513	1.73
S1-D2	INCEPTISOL	2328	0.62
S2	ENTISOL	16897	4.49
T1	ENTISOL	375	0.10
A Urbana	Area Urbana	254	0.07
C de Agua	Cuerpos de Agua	253	0.07

Nos proporciona la taxonomía de cada tipo de suelo es decir una descripción más precisa sobre cada tipo de suelo y sus diferentes características, dividiéndolas es grupos, series, familias etc.

CAPITULO 3

3.1. OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DEL BALANCE HIDRICO.

A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre. El conocimiento de la estructura del balance hídrico de lagos, cuencas superficiales y cuencas subterráneas, es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos; por ejemplo: trasvases de cuencas, control de máximas crecidas, etc.

El balance hídrico ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos y cuencas subterráneas. La información que proporciona el balance hídrico de las cuencas de ríos y lagos para cortos periodos de tiempo (estaciones, meses, semanas y días) se utiliza para explotación de embalses y para predicciones hidrológicas.

El conocimiento del balance hídrico es también muy importante para el estudio del-ciclo hidrológico. Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen natural.

3.2. LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO

3.2.1. Forma general de la ecuación del balance hídrico

El estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido por nosotros como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

En general, la técnica del balance hídrico implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance (UNESCO, 1.971).

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural (tal como la cuenca de un río) o cualquier esa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación (P), en forma de lluvia o nieve, realmente recibida en la superficie del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de la cuenca o masa de agua desde fuera (Q_{si} y Q_{ui}). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación desde la, superficie de la masa de agua (E) y la salida de corrientes de agua superficial y subterránea desde la cuenca o masa de agua considerada (Q_{so} y Q_{uo}). Cuando las entradas superan a las salidas el volumen de agua almacenada (ΔS) aumenta y cuando ocurre lo contrario disminuye.

Por tanto, el balance hídrico para cualquier masa de agua y cualquier intervalo de tiempo, en su forma más general, vendrá representado por la siguiente ecuación:

$$P + Q_{si} + Q_{ui} - E - Q_{so} - Q_{uo} - \Delta S - v = 0 \quad (1)$$

3.2.2. Otras formas de la ecuación del balance hídrico

Para su aplicación a ciertos cálculos, la ecuación del balance hídrico (1) podrá simplificarse o hacerse más compleja, dependiendo de los datos disponibles, del objeto del cálculo, del tipo de masa de agua (cuenca de un río, lago o embalse, etc.), de las dimensiones de la masa de agua, de sus características hidrográficas e hidrológicas, de la duración del balance, y de la fase del régimen hidrológico (crecida, baja crecida) para el cual se calcula el balance hídrico.

3.2.3. Características especiales de la ecuación del balance hídrico para intervalos de tiempo diferentes.

El balance hídrico se puede calcular para cualquier intervalo de tiempo, pero deberá hacerse una distinción entre balances medios y balances para períodos determinados (tales como un año, una estación, un mes o un número de días), llamados algunas veces corrientes, comunes o balances operacionales. Los balances hídricos para valores medios se calculan para un ciclo anual (año calendario o año hidrológico), aun que también pueden hacerse para cualquier estación o mes.

La determinación del balance hídrico para un año medio es el caso más simple, ya que se puede despreciar la variación del volumen de agua almacenada en la cuenca (ΔS),

que es difícil de medir y calcular. Para un largo período los incrementos del agua almacenada, positivos y negativos, a escala anual, tienden a equilibrarse y su valor neto al final puede considerarse igual a cero. La situación contraria ocurre cuando se calculan los balances hídricos para períodos cortos, para los cuales $\Delta S \approx 0$. Cuanto más corto es el intervalo de tiempo, más precisos deberán ser las medidas y determinación de los componentes del balance hídrico y más subdividido estarán los valores de ΔS y de otros elementos.

3.2.4. Características especiales de la ecuación del balance hídrico para masas de agua de diferentes dimensiones.

El balance hídrico puede calcularse para masas de agua de cualquier tamaño, pero la complejidad del cálculo depende fundamentalmente de la extensión del área estudiada. Una cuenca de un río es la Única zona natural para la cual las determinaciones a gran escala del balance hídrico pueden simplificarse, ya que la exactitud del cálculo aumenta al hacerlo la superficie de la cuenca.

Cuanta más pequeña sea la superficie de la cuenca, más complicado es su balance, ya que es más difícil estimar componentes secundarios, tales como intercambio de aguas subterráneas con cuencas adyacentes, almacenamiento de agua, en lagos, embalses, pantanos o marismas y glaciares y la dinámica del balance hídrico de bosques y zonas regables. El efecto de estos factores decrece gradualmente al aumentar el área de la cuenca y puede llegar a despreciarse.

3.2.5. Cierre de la ecuación del balance hídrico

Cuando sea posible, para cerrar la ecuación del balance hídrico es esencial medir o

calcular todos los elementos del balance, usando métodos independientes. Las medidas y determinaciones de los elementos del balance hídrico siempre tienen errores, debido a las limitaciones tecnológicas. La ecuación del balance hídrico, por lo tanto, generalmente no establece un balance exacto, aunque todos sus componentes se midan y calculen por métodos independientes.

3.2.6. Unidades para los componentes de las ecuaciones del balance hídrico.

Los componentes de la ecuación del balance hídrico se pueden expresar como una altura media de agua sobre la cuenca (mm), como un volumen de agua (m^3), o en forma de caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). La última forma es útil para balances de utilización de agua, pero en ocasiones se estima de balances establecidos para intervalos de tiempo específicos.

3.3. METODOS DE CÁLCULO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL BALANCE HIDRICO

3.3.1. Datos básicos.

Los datos de precipitación y caudal son básicos para el cálculo de los componentes del balance hídrico de las cuencas fluviales para períodos largos. Estos datos suelen publicarse en memorias anuales, tanto hidrológicas como meteorológicas, boletines, etc. Para calcular el balance hídrico anual, estacional o mensuales necesario tener datos sobre las variaciones del volumen de agua almacenada en la cuenca.

3.3.2. Mapas y atlas.

Cuando no existen o hay muy pocos datos sobre precipitación, caudal o evaporación en una cuenca de un río, pueden ser útiles mapas regionales y atlas de valores medios de estos elementos (Nordenson, 1.968; GUGK y Academia de Ciencias de la URSS, 1.964; O.M.M., 1.970; Rainbird, 1.967; Sokolov, 1.961; Sokolov, 1.968). Con la ayuda de estos mapas de isocías es posible determinar, planimetrando, los valores medios de precipitación, escurrimiento y evaporación.

3.3.3. Precipitación

3.3.4. Generalidades

La precipitación es, normalmente, la única fuente de humedad que tiene el suelo y por eso conviene que su medida y cálculo se hagan con gran precisión, pues de ello depende, en gran manera, la exactitud de todos los cálculos del balance hídrico.

La cantidad media de precipitación en una cuenca fluvial o en cualquier otra zona, se obtiene a partir de los datos de pluviómetros, pluviógrafos o totalizadores instalados en la zona en estudio. En el caso de insuficientes aparatos, se pueden usar también los datos de precipitación de zonas próximas y de recubrimiento, a fin de obtener un valor más exacto de la precipitación. Cuanto más corto sea el período de cálculo del balance hídrico, más densa debe ser la red de medida de la precipitación.

3.3.5. Medida y corrección de la precipitación media.

Sabido es que los aparatos para medir la precipitación, corrientemente usados en la red de estaciones meteorológicas, no miden toda la precipitación, debido, principalmente, a

los efectos del viento. El error es más grande cuando la precipitación es en forma de nieve y puede llegar al 100% si los vientos son fuertes.

Además, cierta cantidad de precipitación, retenida en el aparato, se pierde por evaporación durante el tiempo transcurrido entre el comienzo de la precipitación y la medición, y por humedecimiento del aparato colector en cada nueva caída, especialmente en el caso de lloviznas. Si las lloviznas son frecuentes, la pérdida total, debida a esta causa, puede ser considerable.

3.3.6. Cálculo de la precipitación media sobre una zona.

Los valores medios de precipitación, para cuencas de ríos y regiones administrativas (provincias) con una distribución relativamente uniforme de la red de estaciones y pequeñas variaciones de precipitación sobre la zona, se calculan como media aritmética de los datos evaluables de todas las estaciones, es decir:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i a_i \quad (2)$$

donde P es la precipitación media para una cuenca o región dadas, P_i es la precipitación media para el mismo período en la estación i y n es el número de estaciones usadas para calcular la media.

3.3.7. Mapas de isoyetas.

Otro método para determinar la precipitación sobre una zona es el trazado de mapas de isoyetas. A partir de los valores corregidos de la precipitación de cada estación se

dibujan las isoyetas, teniendo en cuenta la orografía, la dirección de vientos y orientación de vertientes y el gradiente pluviométrico en regiones montañosas (Nordenson, 1.968; O.M.M., 1.970b; Heras, 1.972 España). Los intervalos entre isoyetas no deben ser menores que el error medio de interpolación.

3.4. CAUDAL O APORTACION DEL RIO.

3.4.1. Escorrentía media y selección del período del balance hídrico.

El caudal medio es una característica básica de los ríos. La determinación exacta del caudal o aportación del río depende de la exactitud de la medida y el cálculo del caudal de la variación del mismo, de la duración del período de observaciones y de la densidad de la red de estaciones de aforo (OMM, 1970a; Vander Made, 1972; Davis and Langbein, 1972). El caudal medio o aportación del río, calculado como media aritmética de las series de valores observados, es un concepto estadístico. Las variaciones del caudal con el tiempo pueden ajustarse a una ley de distribución estadística e investigada por medio de métodos basados en la teoría de probabilidades.

3.4.2. Cálculo del caudal medio utilizando datos directos.

Cuando existen series suficientemente extensas de datos, el caudal medio se calcula como media aritmética de los valores observados. Para ello, es esencial tener series con 2 ó 3 ciclos completos y si las series de observación tienen del orden de 50 - 60 años se puede calcular el valor medio de toda la serie, sin considerar las variaciones cíclicas.

3.5. EVAPORACION

3.5.1. Generalidades.

La evaporación desde una superficie de agua (lagos y embalses) y desde el terreno (cuencas de los ríos) se calcula por:

- 1) Evaporímetros.
- 2) El método del balance hídrico.
- 3) El método del balance térmico,
- 4) El método aerodinámico.
- 5) Fórmulas empíricas.

3.5.2. Evaporación desde la superficie del agua.

3.5.2.1. Cálculo a partir de los datos del evaporímetro.

La evaporación (E_L) procedente de lagos y embalses se estima a partir de los datos del evaporímetro, por:

$$EL = K * EP \quad (3)$$

donde E_P es la evaporación desde el recipiente o tanque de evaporación y K es un coeficiente del evaporímetro. Esta constante se puede determinar anualmente, pero en otros muchos ensayos se calcula mensualmente.

Hay una gran variación en el valor del coeficiente empírico del evaporímetro, K , debido a factores climáticos, estacionales, instrumentales y de observación, pero el método puede proporcionar una primera aproximación, muy útil, de la evaporación anual en un

lago y es aplicable en la predicción de la evaporación en los embalses.

El valor medio anual de K para el evaporímetro URSS GGI, 3.000 es 0,80 y para el evaporímetro Clase A de EEUU es 0,70 (O.M.M., 1.966), pero los errores de observación y otras deficiencias pueden proporcionar a estos valores un error de +- 0,10 en su aplicación. El valor de K también varía con el clima de la región, siendo más bajo en las zonas áridas y más alto en las zonas húmedas. Debe tenerse cuidado al seleccionar el valor apropiado para la aplicación propuesta, y conviene utilizar datos locales o que puedan compararse. Para el evaporímetro URSS, con una superficie de evaporación de 20 m², el coeficiente medio ha sido expresado en la siguiente forma: $K = K_A K_d K_{sh}$, donde K_A depende del área de la superficie del lago, K_d de su profundidad zona climática, y K_{sh} del grado de cobertura contra el viento.

Las variaciones estacionales del coeficiente K del evaporímetro son generalmente muy grandes y suficientes para permitir el uso de un valor constante de K. La variación de los coeficientes mensuales depende del clima y de la profundidad del lago y puede exceder un 0,7, en casos extremos (Consejo de Recursos Hídricos de Australia, P.970a).

3.5.2.2. Método del balance hídrico.

La ecuación utilizada para determinar la evaporación en lagos y embalses, por el método del balance hídrico (Harbeck, 1.958; Harbeck et al., 1.958; Vikulina, 1.965), es la siguiente:

$$E_L = P_L - \Delta S_L + \Delta Q_s + \Delta Q_u \quad (4)$$

donde E es la evaporación en el lago o embalse, PL es la precipitación sobre la superficie del agua, ASL es la variación de agua almacenada, $\Delta Q_s = (Q_{si} - Q_{so})$ es la diferencia entre entradas y salidas de aguas superficiales en el volumen retenido e $\Delta Q_u = (Q_{ui} - Q_{uo})$ es la diferencia entre entradas y salidas de aguas subterráneas.

La aplicación del método del balance hídrico es limitada, ya que, en muchos casos, el flujo de agua subterránea en el lago no se puede determinar, sin embargo, consideraciones geológicas y de otra índole parecen indicar que este término es despreciable, comparado con los otros componentes del balance hídrico. En un período suficientemente largo, la variación de agua almacenada resulta despreciable comparada con los otros componentes y la ecuación para la evaporación total será entonces:

$$E = PL + \Delta Q_s \quad (5)$$

3.5.2.3 Método del balance térmico.

Este método (O.M.M., 1.966) se usa para el cálculo de la evaporación en lámina libre (EL), si son calculables los datos necesarios para la determinación de los componentes del balance térmico. La ecuación del balance térmico para 1 m² de la superficie del lago es:

$$E_L = \frac{1.000}{p_w L} (R_n + Ha + Hb - \Delta J + \Delta J_s + \Delta J_u + Hp - JE) \quad (6)$$

donde p_w y L son la densidad y el calor latente de vaporización del agua, R_n es la radiación neta recibida, H_a y H_b son la entrada perceptible de calor en la superficie del lago y en el fondo, ΔJ es el incremento de calor de la masa de agua durante el período

del balance, $\Delta J_s = J_{sI} - J_{so}$ e $\Delta J_u = J_{uI}$ son las diferencias entre el calor adquirido y el calor perdido debido al flujo de entrada y de salida de agua superficial y subterránea, H_p es el incremento de calor perceptible debido a las diferencias entre la temperatura de precipitación y la temperatura del lago, y J_E es el calor contenido en la capa de agua evaporada a una temperatura dada. Hay que hacer notar que todos los términos deben estar referidos a la unidad de superficie (1 m²), es decir, cada absorción o pérdida de calor se divide por la superficie del lago.

La radiación neta (R_n) viene dada por:

$$R_n = R_g (1-r) - R_b \quad (7)$$

donde R es la entrada bruta de radiación (suma de la radiación solar directa y radiación solar difusa), r es el albedo o poder de reflexión de la superficie del agua, y R_b es el retroceso efectivo de la radiación de onda larga desde la superficie del agua.

La ecuación (6) requiere muchos cuidados para establecer los valores de los diferentes términos. Actualmente, es más adecuada para estudios de investigación que para uso general.

3.4.2.4. Método aerodinámico.

El método aerodinámico (también conocido como el método de difusión turbulenta) es aconsejable solamente en lugares donde los instrumentos necesarios se puedan mantener y observar debidamente.

Este método está basado en las relaciones aerodinámicas, que conectan los flujos verticales con el gradiente vertical medio, y en hipótesis relacionadas con la naturaleza del perfil de velocidad del viento sobre la superficie del lago (O.M.M., 1.966).

Para un corto intervalo de tiempo, la evaporación puede calcularse por la fórmula:

$$EL = \frac{-1.000K^2 Pa(h_2-h_1)(u_4-u_3)}{Ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)*Ln\left(\frac{z_4}{z_3}\right)} \quad (8)$$

donde EL es la evaporación en mm/s, h1 y h2 son la humedad específica del aire a las alturas z1 y z2 sobre la superficie evaporante, u3 y u4 son las velocidades del viento a las alturas z3 y z4, K = 0,43 es la constante de Von Karman y Pa es la densidad del aire.

3.5.2.5. Fórmulas empíricas.

Existen muchas fórmulas empíricas para determinar la evaporación, que pueden dividirse en dos grupos:

a) Fórmulas basadas en la dependencia de la evaporación desde la superficie del agua, en la velocidad del viento y en la diferencia de tensión del vapor en una superficie evaporante y a cierta altura por encima de ella (método de transferencia de masas o método aerodinámico).

b) Fórmulas que usan datos climatológicos, generalmente basados en la solución aproximada de las ecuaciones simultáneas del balance hídrico y térmico (método de ecuaciones complejas o combinado).

3.5.3. Evaporación desde tierra.

Cuando se calcula la evaporación media a largo plazo en cuencas de ríos con grandes llanuras, los resultados más exactos se obtienen por el método del balance hídrico (Gidrometeoizdat, 1.967). Para regiones montañosas no hay métodos dignos de confianza para la medición de la evaporación, y lo más normal es estimar aproximadamente las variaciones de la evaporación, en función de la elevación y de la pendiente, usando métodos directos de medida y cálculo.

3.5.3.1. Cálculo por evaporímetros y lisímetros.

La evaporación mensual desde el suelo se puede obtener con la ayuda de pesadas, evaporímetros hidráulicos y otros evaporímetros de suelo y lisímetros de varios tipos (Toebes y Ouryvaev, 1.970). Puesto que la evaporación depende en gran manera de la vegetación, de la cobertura del suelo y de otras características del paisaje, estos aparatos se deben instalar a ser posible en los diferentes tipos de cobertura vegetal (campos con cultivos, bosques, etc.) que ocupan la cuenca del río. La evaporación media en la cuenca se calcula previo un buen conocimiento de las áreas ocupadas por los diferentes tipos de la cobertura vegetal.

3.5.3.2. Método del balance hídrico.

La aplicación del balance hídrico para la determinación de la evaporación como término residual en dicha ecuación está sujeta a un error desconocido. El método del balance hídrico se usa sobre todo para el cálculo de la evaporación media en las cuencas grandes de los ríos, por la fórmula:

$$E = P - Q_s \quad (9)$$

La determinación la evaporación en un mes determinado, para la capa superior la zona de aireación, por aplicación de la ecuación del balance hídrico, sería:

$$E = P - Q_s - \Delta M + Q_{uc} - Q_{up} \quad (10)$$

donde ΔM es la variación o el incremento almacenado en el suelo durante el período del balance hídrico, Q_{uc} es el flujo ascendente de agua dentro de la zona de aireación desde el borde de capilaridad de la masa de agua, y Q_{up} es el flujo de agua que regresa desde la zona de aireación a la masa de agua.

Los métodos para calcular el término de caudal neto $Q_{up} - Q_{uc}$ (Rose y Stern, 1.965) implican algunas mediciones difíciles de realizar y poco frecuentes en la cuenca de un río. De todas maneras, en zonas de poca lluvia, se puede considerar que la infiltración procedente de la precipitación no alcanza el nivel freático y que el nivel piezométrico es suficientemente profundo (más de 4 - 5 m), por lo que el flujo de agua ascendente por capilaridad es prácticamente despreciable.

3.5.3.3. Método del balance térmico.

A partir de la ecuación simplificada del balance térmico y suponiendo el mismo coeficiente de difusión turbulenta entre el vapor de agua y el calor sensible, la evaporación puede expresarse como sigue:

$$E = \frac{1.000(Rn - H_{so})}{P_w L (1+B)} \quad (11)$$

donde R es la radiación neta, H_{so} es el flujo de calor a través del suelo, P_w y L son la densidad y el calor latente de vaporización del agua, y f_3 es la relación de Bowen.

El uso de este método es más aconsejable en estaciones de investigación que en cuencas ordinarias. Como la ecuación (11) no tiene en cuenta el gradiente horizontal de difusión turbulenta del calor (advección), su uso queda restringido a áreas grandes de terrenos llanos con vegetación uniforme.

3.5.3.4. Método aerodinámico.

En este caso, de todas maneras, es necesario tener en cuenta la influencia de la advección y de la estratificación de la temperatura. Para excluir la influencia de la advección, las mediciones de los gradientes de la tensión de vapor y de la velocidad del viento se hacen sobre terrenos llanos con vegetación homogénea. Brognus (1.952) propone métodos para determinar las correcciones de la estratificación de temperaturas.

Para precisar, estos métodos requieren extensas zonas llanas con vegetación uniforme (y retención de agua en el suelo) y como además resulta muy difícil conservar los instrumentos funcionando adecuadamente durante largos períodos es casi imposible que estos métodos puedan usarse en cuencas ordinarias, utilizándose casi exclusivamente en cuencas experimentales.

3.5.3.5. Métodos empíricos.

Los métodos empíricos para determinar la evaporación, a diferencia de los métodos del balance, se basan en datos meteorológicos medios tales como temperatura y humedad

del aire, velocidad del viento, nubosidad y duración de luz solar. Algunos métodos también usan datos de evaporación desde la superficie del agua o desde un evaporímetro.

3.6. EJEMPLIFICACION EN LA SUBCUENCA DEL RIO EL ANGEL

3.6.1. Demanda de agua requerida por los cultivos

3.6.1.1. Objetivo

Cuantificar la cantidad de agua requerida por los cultivos planeados, en función de un patrón de cultivos propuesto para cada piso bioclimático, concomitante con las condiciones edafológicas, climáticas, agro-socioeconómicas y ambientales.

3.6.1.2. Justificación

Del Balance resultante de Disponibilidad y Demanda del recurso hídrico para los cultivos, se pueden preparar planes de Operación, Mantenimiento y Administración del riego, a corto, mediano y largo plaza.

3.6.1.3. Metodología y resultados

Para el cálculo de la demanda de agua requerida por los cultivos, se parte de cierta información técnica, específica, de cada una de las zonas climáticas, como Información meteorológica, Patrones de cultivos, parámetros y coeficientes de desarrollo y otros, de todos y cada uno de los cultivos propuestos.

3.6.2. Información Meteorológica

De la información comprendida en 10 años como mínimo, de tres estaciones meteorológicas representativas de las zonas bio-climáticas, El Ángel, Bolívar-INERHI y San Vicente de Pusir, se han considerado los valores Medios, Máximos, Mínimos mensuales, de Precipitación, Temperatura, Humedad relativa, Nubosidad, Velocidad del viento, Evaporación y Heliofania.

3.6.3. PATRONES DE CULTIVOS

Los patrones de cultivos específicos para cada zona bio-climática establecen lo siguiente:

- ✓ Para el piso FRIO, de las 2546 Has cultivadas se ha planteado que el 60% sea ocupado por pastos; el 20% por la rotación papas-habas; el 10% para la rotación trigo-col; y, el 10% para la rotación cebada-papas.

- ✓ De las 2690 Has cultivadas del piso TEMPLADO, 20% sería para la rotación maíz seco-fréjol tierno; 20% para la rotación papas-fréjol; el 15%, rotación maíz choclo fréjol tierno; 10% para la rotación hortalizas — hortalizas (representado por tomate y pimiento); el 5%, por frutales; y, el 20%, para pastos.

- ✓ En el piso CALIENTE, con 920 Has cultivadas, el 40% sería caña de azúcar; 20%, rotación maíz - fréjol; 20%, combinación de tomate — arveja; 10%, tomate -hortalizas; 5%, frutales; y, 5%, pastas.

3.6.4. Información sobre los cultivos

Se debe disponer de la siguiente información:

- ✓ Duración, en días, de las fases Inicial, Desarrolla, Media, Final y Cosecha, del cultivo correspondiente.
- ✓ Coeficiente de crecimiento de los cultivos propuestas (Kc).
- ✓ Profundidad de las raíces de cada cultivo.
- ✓ Niveles de agotamiento admisible del agua en el suelo.
- ✓ Coeficiente de respuesta sobre el rendimiento durante el periodo vegetativo, floración, formación del producto, maduración y ciclo vegetativo total.

3.7. PROCEDIMIENTO

Para estimar las necesidades de agua de los cultivos se ha utilizado el CROPWAT, Versión 5.7, que aplica el METODO DE PENMAN-MONTEITH, conjuntamente con datos consignados en los Documentos No. 24 y 33 de la FAO.

Método de Penman – Monteith

El método de Penman – Monteith puede considerarse como el método estándar de todos los métodos combinados para estimar la evapotranspiración (ET) del cultivo de referencia. La mayoría de los métodos combinados presentan ligeras diferencias dependiendo del tipo de cultivo y de la localización de los instrumentos meteorológicos.

Por esta razón, el método de Penman – Monteith utiliza términos como la resistencia aerodinámica del follaje para relacionar la altura de los instrumentos meteorológicos con la altura del cultivo y la resistencia estomática a la transpiración mínima que dependerá del tipo de cultivo y de su altura.

La ecuación de Penman – Monteith se define:

ET = ET radiación + ET aerodinámica

La ecuación final es:

$$ET_o = \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{10}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{90}{T + 275} u_2 (e_s - e_a) \right]$$

donde

ET_o = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

γ^* = constante psicométrica modificada utilizada en el método de Penman-Monteith (mbar/C)

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (mb)

e_s = presión de vapor a saturación a la temperatura promedio del aire (mb)

e_a = presión de vapor tomada a la temperatura a punto de rocío (mb)

L = calor latente de vaporización (cal/gr)

Δ = pendiente de la curva de presión de la saturación de vapor a una temperatura específica (mbar/°C)

γ = constante psicométrica

R_n = energía de radiación neta (cal/(cm² día)

T = temperatura promedio (°C)

G = flujo termal del suelo (cal/cm²)

3.7.1. Ingreso de datos climatológicos

Según secuencia del programa CROPWAT, se ingresan datos climatológicos que conducen al cálculo de la Evapotranspiración Potencial de referencia E_t y la PRECIPITACION EFECTIVA MENSUAL 80%.

3.7.2. Entrada de datos de los cultivos

Se ingresan, según CROPWAT, datos de Duración, Coeficiente de cultivo, Profundidad de raíces, Nivel de agotamiento y Respuesta en el rendimiento, para cada una las fases: Inicial, Desarrollo, Media, Final y Total de los cultivos propuestos en cada patrón.

3.7.3. Requerimientos brutos de riego de los cultivos

Establecida, por otra parte, la EFICIENCIA TOTAL del riego, se calculan los requerimientos BRUTOS de riego dividiendo los requerimientos Netos para la eficiencia.

3.7.4. Eficiencias de riego

La eficiencia del riego es la relación o porcentaje entre el volumen de agua efectivamente utilizado por las plantas y el volumen de agua retirado en la bocatoma. Del volumen de agua retirado en la bocatoma de un sistema de riego, una parte importante no es utilizada por las plantas. Las "perdidas" pueden ser:

- ✓ Pérdidas en los canales y tuberías del sistema de distribución, antes de llegar propiamente a la parcela donde están los cultivos a ser regados. Este primer tipo de pérdidas puede ser denominado de pérdidas en la distribución del agua, y se pueden deber a pérdidas por:
 - ✓ Infiltración profunda en los canales no revestidos;
 - ✓ Evapotranspiración de la maleza en los bordes del canal;
 - ✓ Fugas en los canales revestidos o en las tuberías;
 - ✓ Evaporación desde los canales;
 - ✓ Operación errada de las compuertas que ocasiona que una parte del agua fluya directamente a los drenes.

- ✓ Pérdidas de agua en el interior de la parcela. Estas pérdidas son inherentes a las técnicas de riego utilizada, y, en segundo lugar dependen de:
 - ✓ Las características del suelo;
 - ✓ Las dimensiones de la parcela;
 - ✓ La declividad longitudinal de la parcela;
 - ✓ Lámina de agua suministrada en cada riego.

El volumen teórico de agua a ser suministrada al terreno es el necesario para mojar una capa uniforme del terreno, de un espesor equivalente a la profundidad media de las raíces, en esa fase del crecimiento de las plantas.

- ✓ ZONA FRÍA: Se ha considerado una eficiencia de captación del 70%; eficiencia de conducción, 75%; y, de aplicación, el 70%. La eficiencia TOTAL, resulta pues del 36.8%

- ✓ ZONA TEMPLADA: Con 70%, 65% y 70% para las eficiencias de captación, conducción y aplicación, respectivamente, se ha obtenida una Eficiencia total de 31.9% para este piso.

- ✓ ZONA CALIENTE: En forma similar, la Eficiencia total de este piso se lo calculó en 29.4% contando con 70%, 60% y 70% para las eficiencias de captación, conducción y aplicación, respectivamente.

3.7.5. Resultados

Del análisis y cálculos obtenidos se derivan las siguientes demandas:

- ✓ DEMANDA REQUERIDA TOTAL DE CADA PISO BIOCLIMATICO

En el piso FRIO, el máximo requerimiento de agua para los cultivos corresponde al mes de junio, con una dosis de 0.41 L/s/Ha equivalente a un caudal de 1.051 m³/s que, comparado con el caudal concedido para este piso de 0.603 m³/s y con el caudal medido de 0.767 m³/s, resulta CAUDALES DEFICITARIOS en 0.428 m³/s y 0.254 m³/s, respectivamente.

En el piso TEMPLADO, el máximo requerimiento de agua para los cultivos corresponde al mes de AGOSTO, con una dosis de 0.62 L/s/Ha equivalente a un caudal de 1.547 m³/s que, comparado con el caudal concedido para este piso de 0.787 m³/s y con el caudal medido de 1.271 m³/s, resultan también CAUDALES DEFICITARIOS en 0.760 m³/s y 0.276 m³/s, respectivamente.

En el piso CALIENTE, por su parte, el máximo requerimiento de agua para los cultivos corresponde al mes de julio, con una dosis de 1.34 L/s/Ha equivalente a un caudal de 1.231 m³/s que, comparado con el caudal concedido para este piso de 0.502 m³/s y con el caudal medido de 0.802 m³/s, resulta CAUDALES DEFICITARIOS en 0.729 m³/s y 0.429 m³/s, respectivamente.

✓ DEMANDA REQUERIDA DE CADA UNO DE LOS CULTIVOS
PROPUESTOS EN LAS TRES ZONAS

EN EL PISO FRIO, de entre los cultivos propuestos, el TRIGO es el cultivo más exigente en riego, con una dosis de 0.25 L/s/Ha; luego, pastos con 0.17 L/s/Ha; papas con 0.15 L/s/Ha; cebada con 0.11 L/s/Ha; finalmente, habas y col.

EN EL PISO TEMPLADO, el FRIJOL TIERNO es el que más demanda de riego, pues exige una lámina de 195.4 mm, equivalente a 0.58 L/s/Ha. Siguen, tomate con una lámina de 225.4 mm/año equivalente a una dosis de 0.54 L/s/Ha; pastos con 0.44 L/s/Ha (442 mm/año); maíz, con dosis de 0.33 L/s/Ha (164.6 mm/año); pimiento, con dosis de 0.25 L/s/Ha; maíz, choclo, frutales, con dosis inferiores a 0.20 L/s/Ha.

EN EL PISO CALIENTE, los requerimientos de agua por parte de los cultivos son mayores. El que más requiere son las HORTALIZAS con una dosis de 1.17 L/s/Ha (Lámina de 456.1 mm/año); luego, pastos con 1.15 L/s/Ha; fréjol tierno, con 1.09 L/s/Ha; caña de azúcar, con 1.07 L/s/Ha; tomate, con 0.98 L/s/Ha; cebolla, con 0.86 L/s/Ha; maíz, con 0.86 L/s/Ha; arveja, con 0.81 L/s/Ha; frutales, con 0.54 L/s/Ha.

3.7.6. Método de obtención de caudales naturales

La ausencia de estaciones sólidas y con amplia estadística, en la cuenca del río El Ángel, motiva a tomar otras estaciones de cuencas vecinas pero con homogeneidad hidrológica y fluviográfica para generar, mediante TRANSPOSICION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES de la estación base o de apoyo hasta cualquier nivel de la cuenca del río El Ángel, incluyendo en su cálculo parámetros específicos de cada una de las estaciones participantes, como Precipitación, Temperatura, Área de drenaje(Km²), Coeficientes de escorrentía, Caudales básicos, etc, considerando una estadística de 35 años.

3.7.7. Caudales notables

Con la información de caudales medios mensuales, en cualquier nivel altimétrico, mediante las curvas de duración general, se definen los caudales característicos que caracterizan a cualquier punto de la microcuenca: Caudales Medios, Máximos, Mínimos, Caudales con 80%, 75% 90%, 95%, etc, de persistencia de ocurrencia.

En el estudio principal se citan los valores característicos para cada nivel del análisis, de los cuales podemos citar, para la microcuenca total del río El Ángel (Nivel N):

CAUDAL	M3/S
Medio mensual plurianual	6.35
Máximo Mensual	68.30
Mínimo Mensual	1.29
Mensual 75%	5.22
Mensual 80%	4.90
Mensual 90%	3.10

3.7.8. Recursos hídricos superficiales teóricamente disponibles

Se han establecido para los niveles altimétricos que diferencian las zonas bioclimáticas, los caudales naturales superficiales disponibles mensuales, anuales y notables, según resumen siguiente:

RIO EL ANGEL, AJ RIO CHOTA (NIVEL N, a 1518 msnm)

CAUDAL	M3/S
Medio	6.35
Máximo	13.26
Mínimo	3.39

RIO EL ANGEL, A.B.T. PROYECTO SAN VICENTE DE PUSIR (NIVEL K, A 1890 msnm)

CAUDAL	M3/S
Medio	5.75
Máximo	12.01
Mínimo	3.07

RIO EL ANGEL, NIVEL H (a 2920 msnm)

CAUDAL	M3/S
Medio	4.09
Máximo	8.55
Mínimo	2.18

3.7.9. Recursos hídricos subterráneos teóricamente disponibles

Para la determinación de estos recursos se analizaron las características hidrogeológicas de la UNIDAD donde se emplaza la cuenca del río El Ángel, definiéndose los puntos de agua, sus caudales de explotación, sus parámetros climáticos, las transmisividades y gradientes, etc, que permiten estimaciones de los volúmenes de los recursos subterráneos.

Así se han detectado para todas las cuencas del país el volumen de las reservas que almacenan los acuíferos que, en el caso de la cuenca del Mira se cuenta con 80 Hm³/año, para una cuenca superficial de 7200 Km² y 4760 Km² como unidad hidrogeológica.

Por similitud en el comportamiento de los recursos superficiales y subterráneos de esta microcuenca, se puede deducir que el aporte subterráneo de la microcuenca río El Ángel es 3.36 Hm³/año y que, a nivel de los pisos climáticos, se tendría:

- ✓ Río El Ángel, A.J. Río Chota, 3.36 Hm³/Año, que equivale a 0.107 m³/s.
- ✓ Río El Ángel, A.B.T. Proyecto San Vicente de Pusir, 3.04 Hm³/Año, que

equivale a 0.096 m³/s.

- ✓ Rio El Ángel, en el Nivel H (2920 msnm), 2.16 Hm³/Año, que equivale a 0.068 m³/s

3.7.10. Recursos hídricos realmente disponibles

Integrando los dos recursos hídricos, a nivel de altitudes de pisos climáticos se han definido:

- ✓ Rio El Ángel, A.J. Rio Chota, 6.46 m³/s.
- ✓ Rio El Ángel, A.B.T. Proyecto San Vicente de Pusir, 5.85 m³/s.
- ✓ Rio El Ángel, en el Nivel H (2920 msnm), 4.16 m³ / s.

3.7.11. Demandas hídricas totales de riego y consumo humano

Las demandas de riego, y las de consumo humano, en las que se incluyen caudales de saneamiento de ríos o ecológicos, determinan que, a los niveles de los pisos climáticos, los caudales totales de de demandas nos dan:

- ✓ Rio El Ángel, A.J. Rio Chota, a 1518 msnm, piso caliente, Q = 1.60 m³/s.
- ✓ Rio El Ángel, A.B.T. Proyecto San Vicente de Pusir, a 1890 msnm, Piso templado, Q = 1.92 m³/s.
- ✓ Rio El Ángel, en el Nivel H, a 2920 msnm, piso frio, Q = 1.33 m³/s.

3.7.12. Comparación entre demanda y oferta

Teóricamente existe una oferta suficiente para cubrir las demandas de riego y

abastecimiento para consumo humano y otros usos.

Esta disponibilidad hídrica puede ser provechosa si se desarrollan técnicas de mejoramiento, a todo nivel, de la infraestructura de los sistemas de riego, de su distribución, de su conducción, de su captación, etc., así como la implantación de tecnologías en cultivos, suelos y, adicionalmente, acometer con acciones de desarrollo social.

3.8. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

Para el río El Ángel, se determinó que la calidad del agua para riego, según la Clasificación de Greene-Wilcox mostraba: C1S1 26.7%, C2S1 40%, C3S1 27.7%, C4S2 6.6%.

3.8.1. Contaminación de agua

La presencia de grupos humanos presenta siempre impactos negativos sobre la calidad de las fuentes hídricas vecinas a sus asentamientos poblacionales, proceso que se revierte en su contra al afectar la salud propia y de sus congéneres.

El río El Ángel, según análisis de sus aguas presenta las siguientes novedades:

- ✓ Concentración de Boro, 0.30 mg/l B
- ✓ Índice de oxigenación Io, 100
- ✓ Índice de carga orgánica IL, 65
- ✓ Índice de carga bacteriológica IB, 79

✓ Índice de calidad física IF, 61

Estos valores permiten definir a la cuenca del río El Ángel como heterogénea, con calidad bacteriológica muy buena, con alta contaminación de materia orgánica y alto contenido de partículas en suspensión.

3.8.2. Deterioro de la calidad de las aguas de la Cuenca

La calidad del agua superficial de esta cuenca es inadecuada, debido especialmente a la presencia de materiales en suspensión que enturbia el agua y proporciona protección a las bacterias patógenas. Estas anomalías provocan cambios al ecosistema fluvial y por ende manifestaciones de cambio en la flora y fauna acuáticas.

Finalmente, dando cumplimiento a lo dispuesto en la Ley de Aguas y en los de su Reglamento, las concesiones de agua deben subordinarse a la calidad y cantidad suficiente para el uso solicitado; se debe evitar cualquier tipo y grado de contaminación del agua que afecten a la salud humana, flora y fauna y, así mismo, realizar evaluaciones periódicas de su calidad.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- ✓ En la investigación realizada para dicho proyecto se ha logrado encontrar información básica completa de San Vicente de Pusir; dándonos cuenta de que el 49,12% de la población son hombres y el 50,88% son mujeres, el 52,67% de la población tienen actividad y el 47,33% están inactivas es decir no realizan ningún tipo de actividad productiva, el 40,05% tiene una ocupación propia es decir trabajo propio, el 66,86% se dedica a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, el 45,30% tiene educación primaria, el 45,19% de la población poseen agua potable, el 58,52% tienen alcantarillado y el 95% tiene luz eléctrica.

- ✓ El estudio está ubicado aproximadamente entre los 1133 metros sobre el nivel del mar y los 2533 metros sobre el nivel del mar, el suelo se encuentra sobre utilizado en un 48,1 %, es terreno montañoso en un 46,2%, en su mayoría es bosque donde existe forestación y reforestación en un 62,9%, el déficit hídrico anual en la población de San Vicente de Pusir es de entre 400 y 600 mm, hay una temperatura anual de entre 20 a 22 grados centígrados, los números de meses secos de la zona es de 10 meses en el sector más crítico, la susceptibilidad a inundaciones en San Vicente de Pusir es de 0,4% y la zonas tiene una precipitación de 0 a 500 mm.

- ✓ El objetivo de dicha investigación es analizar los niveles de crecidas del Rio El Ángel, datos hídricos y climatológicos de la zona para de esta manera poder

manejar de mejor manera los recursos hídricos de la zona y que los lugares de mayor afectación puedan poseer datos para un mejor manejo de su agricultura.

- ✓ La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en ingles) desde los años 70 se ha preocupado de los Balances Hídricos a nivel mundial.

- ✓ Para lograr comprender la ecuación del balance hídrico es necesario los datos de precipitación y caudal de lugar a estudiar

- ✓ El máximo requerimiento de agua para los cultivos es de 0,41 l/s/Ha para el piso Frio, de 0,62 l/s/Ha para el piso Templado, y de 1,34 l/s/Ha para el piso Caliente.

- ✓ El mayor y más importante cultivo de la zona es el trigo y para este es necesario de 0,25 l/s/Ha en el piso Frio.

- ✓ Dentro del estudio en el Rio El Ángel el caudal máximo mensual es de 68,30% m³/s y el caudal mínimo mensual es de 1,29% m³/s.

- ✓ Los recursos hídricos realmente disponibles dentro del estudio del Rio El Ángel para el proyecto de San Vicente de Pusir son de 5,85 m³/s.

- ✓ Para el río El Ángel, se determinó que la calidad del agua para riego, según la Clasificación de Greene-Wilcox mostraba: C1S1 26.7%, C2S1 40%, C3S1 27.7%, C4S2 6.6%.
- ✓ Por la gente que vive a los alrededores se presenta siempre impactos negativos sobre la calidad de las fuentes hídricas vecinas a sus asentamientos poblacionales, lo cual puede afectar la salud propia y de sus congéneres.
- ✓ El río El Ángel, según análisis de sus aguas presenta las siguientes novedades:
 - ✓ Concentración de Boro, 0.30 mg/l B
 - ✓ Índice de oxigenación Io, 100
 - ✓ Índice de carga orgánica IL, 65
 - ✓ Índice de carga bacteriológica IB, 79
 - ✓ Índice de calidad física IF, 61
- ✓ Estos valores permiten definir a la cuenca del río El Ángel como heterogénea, con calidad bacteriológica muy buena, con alta contaminación de materia orgánica y alto contenido de partículas en suspensión, por lo cual la calidad del agua superficial de esta cuenca es inadecuada, debido especialmente a la presencia de materiales en suspensión que enturbia el agua y proporciona protección a las bacterias patógenas. Estas anomalías provocan cambios al ecosistema fluvial y por ende manifestaciones de cambio en la flora y fauna acuáticas.

4.2. Recomendaciones.

- ✓ El estudio realizado se debería hacer en todas las cuencas y ríos del país para que de esta forma tanto la Universidad San Francisco de Quito y el país entero posean información actualizada y precisa de las cuencas y ríos para que de esta manera los estudiantes tengan datos a la mano para cualquier análisis o estudio, y la población sepa y pueda manejar de mejor manera los recursos hídricos del país.

- ✓ Así como dentro de este proyecto se obtuvieron mapas digitales temáticos de la zona de estudio se debería realizar los mismos mapas temáticos pero para toda la extensión del país, de esta manera se facilitarían los estudios y análisis para toda la población del Ecuador.

5. BIBLIOGRAFIA

- ✓ BELTRÁN, G. 2007. Folleto de Manejo de Cuencas. Universidad Técnica del Norte.
- ✓ CHALLENGER, A. 2003. Estrategias para la conservación de los ecosistemas. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Quito.
- ✓ FAO. 1996. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina.
- ✓ INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2011. Censo de población y vivienda del Cantón Bolívar, San Vicente de Pusir, año 2010.
- ✓ RAMAKRISHNA, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible.
- ✓ BLANEY, H.F. 1954b. Evapo-transpiration measurements in western United States. In: C.R. Ass. Int. Hydologie Sci. Rome, vol. 3, pp. 150-160.
- ✓ BLANEY, H.F. 1957. Evaporation study at Silver Lake in the Mojave Desert, California. Trans. Am. Geophys. Un., Vol. 38, No. 2, pp. 209-215.
- ✓ BOCHKOV, A.P. 1970. Estimation of precipitation as a water balance element.(IASH-UNESCO pub. No. 93).
- ✓ RASMUSSEN, E.M. 1968. Atmospheric water vapor transport and the / water balance of North America; part 11 : large-scale water balance investigations. Monthly Weather Review, vol. 96, No. 10, pp. 720-734.
- ✓ Instituto geográfico militar, Superficie de la provincia de Carchi INEC, esc 1: 250000, 2011. Quito, Ecuador.

ANEXOS