



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología del Medio Ambiente

*“Determinación del Rango de Variación del
Índice de Vegetación con Imágenes Satélite en
el Parque Nacional Cajas”*

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título
de Biólogos**

Autoras:

**Aída Viviana Crespo Ortega
Nancy Jacqueline Pinos Arévalo**

Director:

Dr. Gustavo Chacón Vintimilla, Ph. D.

Cuenca - Ecuador

Abril, 2007

DEDICATORIA

A mis padres Humberto e Inés por su sacrificio.

A mis hermanos Bertha, Rómulo y Diego por su apoyo en cada momento y me demostraron con ejemplo lo importante que es tener una profesión.

Viviana

DEDICATORIA

A mi esposo Omar por su apoyo incondicional, y sobre todo a mis hijos Sebastián y Andrés por su comprensión y sacrificio mientras realizaba esta investigación.

Nancy

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos nuestros amigos que por su buena voluntad nos apoyaron desde el inicio de esta investigación, de manera especial a nuestro profesor y guía Gustavo Chacón, que supo llevarnos hasta el final. A nuestros compañeros y amigos el Ing. René Inga, Jhony Vélez, Xavier Ávila, Jacqueline Castro, Vinicio Manosalvas, Diego Pinos, quienes nos ayudaron en el trabajo de campo por días enteros.

Al apoyo brindado por el IERSE, que nos colaboró con las imágenes satélite y la bibliografía relacionada con este tema.

También agradecemos a la bióloga. Samara Álvarez de quien recibimos el apoyo para los estudios en el Parque Nacional Cajas.

A los biólogos: Xavier Clavijo y Danilo Minga, quienes nos ayudaron con la identificación taxonómica en el Herbario de la Universidad del Azuay.

A los biólogos Lucas Achig, Boris Tinoco y Edwin Zárate, al Ing. Omar Delgado por su ayuda en el trabajo de laboratorio.

Y a todas las personas que de una u otra manera nos han apoyado y colaborado con esta investigación.

INDICE

Dedicatoria	i
Agradecimientos.....	iii
Indice.....	iv
Indice de anexos.....	viii
Indice de tablas	ix
Indice de figuras.....	xi
Resumen	xiv
Abstract	xv
Objetivos.....	xvi
General	xvi
Específicos	xvi
Introducción.....	1

CAPITULO I

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LA TELEDETECCIÓN

1.1. Teledetección	3
1.2. Principales características de las imágenes satelitales	4
1.3. Características de la radiación energética en el espectro óptico.....	5
1.4. Comportamiento espectral de la vegetación en el espectro óptico	6
1.5. Estudio de la Vegetación a través de Sensores Remotos.....	8
1.6. Estudio de la Composición Florística	10
a. Densidad	10
b. Área basal (AB)	10

c.	Densidad Relativa (DnR)	11
d.	Dominancia Relativa (Dm).....	11
e.	Índice de valor de importancia (IVI)	11
f.	Grado de cobertura	12
1.7.	Estudios Realizados	13

CAPITULO II

SITIO DE ESTUDIO

2.1.	Información general del parque nacional cajas	16
2.1.1.	Aspectos Físicos.....	16
2.1.2.	Aspectos Biológicos	27
a.	Bosque altoandino de Mazán, Llaviucu y Jerez.....	28
b.	Bosque de Quinua (Polylepis).....	30
c.	Páramo de Pajonal.....	31
d.	Páramo de almohadillas	32

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	Fase de Campo	34
3.1.1.	Definición de diferentes categorías temáticas de cobertura vegetal.....	34
3.1.2.	Ubicación de las parcelas de muestreo	34
3.1.3.	Cuadrantes de muestreo para el estudio de la composición florística.....	39
3.2.	Fase de Laboratorio	42
3.2.1.	Procesamiento de las imágenes	43
3.3.	Obtención del Índice de Vegetación (IV)	45
3.4.	Análisis Multitemporal.....	47
3.5.	Verificación y análisis de resultados	47

CAPITULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. Composición Florística y Estructura de poblaciones en bosque altoandino.....	50
4.2. Composición Florística y Estructura de poblaciones en bosque de quinuas.....	57
4.3. Composición Florística y Estructura de poblaciones en páramo de pajonal.....	63
4.4. Composición Florística y Estructura de poblaciones en páramo de almohadillas.....	65
4.5. Obtención de mapa de cobertura vegetal mediante imágenes satélites.....	67
4.5.1. Análisis de las estadísticas de entrenamiento.....	67
4.5.2. Fase de Asignación.....	69
4.5.3. Matriz de Confusión.....	71
4.6. Análisis Multitemporal.....	75
4.6.1. Secuencia de cambios producidos en la vegetación boscosa.....	77
4.7. Índices de Vegetación (NDVI).....	80
4.7.1. Selección de Parcelas.....	80
4.7.2. Determinación de Índices de Vegetación (NDVI).....	81
4.8. Comparación de los valores del NDVI y composición florística ..	84
4.9. Verificación y análisis de resultados.....	86
4.10. Análisis Estadístico.....	88
4.10.1. Pajonal.....	89
4.10.2. Almohadillas.....	90
4.10.3. Bosques.....	91

CAPITULO V

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Estandarización de los rangos del índice de vegetación y la composición florística.....	94
Análisis Multitemporal	95
Clasificación de la imagen	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
GLOSARIO.....	100
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	110

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos florísticos en el bosque altoandino de Llaviucu	110
Anexo 2. Datos florísticos en el bosque altoandino de Canoas y Jerez (Río Blanco).....	111
Anexo 3. Datos florísticos en el bosque altoandino de Mazán.....	112
Anexo 4. Datos florísticos en el bosque de Quinuas	113
Anexo 5. Datos florísticos en el páramo de pajonal Llaviucu	115
Anexo 6. Datos florísticos en el páramo de pajonal Soldados	116
Anexo 7. Datos florísticos en el páramo de pajonal Tomebamba.....	117
Anexo 8. Datos florísticos en el páramo de pajonal de Angas	119
Anexo 9. Datos florísticos en el páramo de pajonal de almohadillas de Tomebamba	121
Anexo 10. Datos florísticos en el páramo de pajonal de almohadillas de Miguir.....	122
Anexo 11. Datos florísticos en el páramo de pajonal de almohadillas de Angas.....	123
Anexo 12. Rango de valores de Índices de Vegetación de los cuadrantes muestreados en Bosque altoandino.....	124
Anexo 13. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Bosque de Quinuas.....	124
Anexo 14. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Páramo de Pajonal.....	124
Anexo 15. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Páramo de Almohadillas.....	125
Anexo 16. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Pastos y Cultivos.....	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de cobertura vegetal.....	12
Tabla 2. Distribución de las microcuencas en el PNC	23
Tabla 3. Ubicación y tamaño de las parcelas de muestreo.....	35
Tabla 4. Características de las imágenes satélites	45
Tabla 5. Las especies con el IVI más alto en el bosque de Mazan	54
Tabla 6. Características Florísticas de las parcelas correspondientes a bosques altoandinos	56
Tabla 7. Registros Florísticos de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas.....	57
Tabla 8. Resumen de los registros Florísticos de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas	60
Tabla 9. Características Florísticas de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas.....	62
Tabla 10. Resumen de las características de las cinco especies más abundantes en páramo de pajonal	63
Tabla 11. Resumen de las características de las cinco especies más abundantes en páramo de almohadillas	65
Tabla 12. Categoría de separabilidad según rango de valores.....	69
Tabla 13. Divergencia transformada entre las categorías de la imagen 1991.....	69
Tabla 14. Divergencia transformada entre las categorías de la imagen 2001.....	70
Tabla 15. Ubicación y tamaño de las parcelas de verificación	72
Tabla 16. Matriz de Confusión obtenida para la clasificación supervisada de la imagen Landsat 2001	73
Tabla 17. Resultados del análisis multitemporal.....	76
Tabla 18. Valores de Índices de Vegetación de las diferentes coberturas de vegetación.....	81

Tabla 19. Valores mínimos y máximos del NDVI y las especies más dominantes	84
Tabla 20. Resultados de los datos de comprobación del NDVI en bosque altoandino	87
Tabla 21. Resultados de los datos de comprobación del Bosque de Polylepis.....	87
Tabla 22. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en Pajonal	89
Tabla 23. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en almohadillas.....	90
Tabla 24. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en bosques	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de la obtención de información a partir de un sensor remoto	5
Figura 2. Grafico del especto electromagnético	6
Figura 3. Signaturas espectrales típicas de distintas cubiertas	6
Figura 4. Ubicación Geográfica del Parque Nacional Cajas.....	17
Figura 5. Ubicación del Parque Nacional Cajas en las 4 hojas topográficas.....	19
Figura 6. Distribución de la superficie del Parque según los rangos de altura	21
Figura 7. Distribución de Cuenca, subcuencas y microcuencas en el PNC	22
Figura 8. Distribución de Pendientes.....	24
Figura 9: Bosque de Llaviucu.....	29
Figura 10: Bosque de Llaviuco (pendientes)	29
Figura 11: Bosque de Quinuas cerca de la Laguna Barros	30
Figura 12: Páramo de pajonal en Jerez	32
Figura 13: Páramo de almohadillas, Lag. Patoquinuas.....	33
Figura 14. Ubicación de las parcelas muestreadas en las microcuencas.	38
Figura 15. Bosque de Canoas y Jerez	40
Figura 16. Páramo de almohadillas en Soldados.....	41
Figura 17: Páramo de pajonal en Llaviucu.....	42
Figura 18: Secuencia Metodológica para Análisis Multitemporal, obtención del índice de vegetación de las imágenes en el PNC	49
Figura 19. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque altoandino de Llaviucu	50
Figura 20. Valores de DnR, DmR e IVI del en el bosque altoandino de Llaviucu	51
Figura 21. Fotografías para el análisis de la cobertura en Llaviucu.....	52
Figura 22. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque altoandino de Canoas y Jerez	53

Figura 23. Fotografías para el análisis de la cobertura Canoas y Jerez	54
Figura 24: Interior del bosque	55
Figura 25: Paisaje bosque de Llaviucu	55
Figura 26: Vista panorámica del Bosque altoandino	55
Figura 27: Bosque altoandino (Río Blanco)	55
Figura 28. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Soldados	58
Figura 29. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Angas	59
Figura 30. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Tomebamba	59
Figura 31. Fotografías para el análisis de la cobertura en el bosque de quinuas en Patoquinuas (Tomebamba).....	60
Figura 32: <i>Gynoxys cuicochensis</i> (Patoquinuas).....	61
Figura 33: Bosque de Quinuas (Angas)	61
Figura 34: <i>Polylepis reticulata</i> (Soldados)	61
Figura 35: Bosque de Quinuas (Angas)	61
Figura 36: Sitio de muestreo (Llaviuco)	64
Figura 37: Paisaje de páramo (Río Blanco)	64
Figura 38: Páramo de pajonal (Angas)	64
Figura 39: Páramo de pajonal (Lag. Barros).....	64
Figura 40: <i>Valeriana rigida</i> (Angas)	66
Figura 41: <i>Genciana sedifolia</i> (Miguir).....	66
Figura 42: <i>Gentianella hirculis</i> (Tomebamba)	66
Figura 43: <i>Gentianella rapunculoides</i> (Miguir)	66
Figura 44: Páramo de almohadillas (Tomebamba).....	66
Figura 45: <i>Valeriana rigida</i> (Angas)	66
Figura 46. Diagrama de firmas espectrales de la imagen 2001 para las categorías que intervienen en la clasificación	68
Figura 47. Clasificación de la imagen 2001 con el método supervisado y fase de asignación máxima probabilidad (maxlike), aplicado un suavizado de 3 x 3.....	71

Figura 48. Imagen Clasificada.....	75
Figura 49: Cambio de uso del suelo. Quema de chaparro. Sector Río Blanco	77
Figura 50. Secuencia de cambios producidos en la vegetación boscosa del PNC	79
Figura 51. Polígonos donde se observa un cambio en la cubierta boscosa del PNC.	80
Figura 52. Mapa de índice de vegetación de las imágenes 1991 y 2001.	83
Figura 53. Valores del NDVI en la imagen de 1991	85
Figura 54. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en pajonal.....	90
Figura 55. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en almohadillas.....	91
Figura 56. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en bosques.....	93

RESUMEN

En esta investigación se analizaron tres imágenes satélites con el fin de determinar la relación y su respectiva estandarización de los valores del Índice de Diferencia Normalizada de la Vegetación (IDNV) y las características de la composición florística en las diferentes comunidades vegetales del Parque Nacional Cajas.

Se aplicó un análisis multitemporal que permitió observar los cambios en la vegetación boscosa en un período de diez años, determinándose un incremento de la superficie de bosque en la zona que corresponde a la microcuenca de Canoas y Jerez. Es importante destacar que esta información puede ser actualizada periódicamente a través de un SIG.

ABSTRACT

Within this research, three satellite images were analyzed in order to determine their relationships and standardization according to the values obtained from the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and the characteristics in floristic composition of different plant communities in the Cajas National Park.

A multi-temporal analysis was applied to observe changes in forest vegetation cover within a ten year time period. This analysis showed an increase of forest cover in the area that corresponds to the micro river basins of Canoas and Jerez. It is worth to emphasize that this information can periodically be updated with the use of a GIS.

Objetivos

General

Determinar la relación entre los valores del índice de vegetación y las características de la composición florística de las diferentes coberturas vegetales y usos del suelo en el Parque Nacional Cajas mediante el uso de imágenes satélites para proveer de una información actualizada para la toma de decisiones en la conservación y manejo del Parque.

Específicos

- Elaborar un mapa de cobertura y uso del suelo a través de tres imágenes satélite Landsat TM de los años 1991, 2000 y 2001.
- Establecer una metodología para un análisis temporal y espacial del territorio, mediante la utilización de información digital de sensores remotos.
- Determinar el porcentaje de cobertura, densidad, dominancia e importancia de las especies vegetales que conforman cada comunidad vegetal.
- Establecer el rango de variación (valores máximos y mínimos) del índice de vegetación para las diferentes coberturas vegetales y usos del suelo en función de su composición florística.
- Identificar los cambios en la cubierta vegetal en un período de 10 años
- Establecer una relación de la composición florísticas y en las comunidades vegetales en el valor de reflectancia.
- Poner a disposición del dominio público la metodología y los resultados del estudio, como una contribución a potenciales usuarios de los sectores académico, público y privado.

Crespo Ortega Aída Viviana
Pinos Arévalo Nancy Jacqueline
Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Biólogos
Director: Dr. Gustavo Chacón Vintimilla, Ph. D.
Abril, 2007

“Determinación del Rango de Variación del Índice de Vegetación con Imágenes Satélite en el Parque Nacional Cajas”

INTRODUCCIÓN

El páramo húmedo ocupa la mayor superficie, con flora característica de esta zona. Las actividades agrícola y ganadera de las comunidades aledañas representan una amenaza para la preservación del Parque. Las frecuentes quemadas de pajonal y el constante tránsito de ganado, son los actores que destruyen el ecosistema. Los páramos y los bosques andinos son fundamentales para la regulación hidrológica a nivel regional y constituyen la única fuente de agua para la mayoría de las poblaciones localizadas en las partes bajas de los Andes. El almacenamiento de agua debe principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de las plantas del páramo que actúan como una verdadera esponja que retienen y regulan los niveles de precipitación que reciben y se caracterizan por no ser abundantes sino constantes a lo largo del año (Aguilar, 2001).

Para poder dar un buen manejo a cualquier área es necesario disponer de ciertas herramientas como cartografía, características de la vegetación, información de tipo e intensidad de uso. La cartografía del suelo mediante imágenes de satélite constituye una alternativa a la usual confección de mapas de ocupación del suelo.

El uso de imágenes de satélites permite la evaluación de los recursos naturales, esta información, facilita la actualización, análisis del desarrollo, dinámica y depredación del recurso, información fundamental para la correcta toma de decisiones en cuanto a las políticas de manejo de recursos naturales, tanto a corto como a largo plazo; además, con las imágenes satélite se puede llegar a estimar el índice de vegetación que permite conocer de una manera mas real el estado de vigor vegetal en la zona de estudio y determinar las especies vegetales que conforman las diferentes coberturas vegetales (Soria *et al*, 1996).

Esta investigación busca evaluar la probabilidad de estandarizar los valores obteniendo rangos del Índice de Vegetación, con las comunidades vegetales que existen en la zona de estudio en las imágenes de satélite LANDSAT de los años 1991, 2000 y 2001, con la finalidad de establecer el mapeo más adecuado de la vegetación en el área de estudio, y con el trabajo de campo determinar las comunidades vegetales con las especies que conforman las diferentes formaciones vegetales.

CAPITULO I

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LA TELEDETECCIÓN

1.1. Teledetección

La Teledetección es una técnica que permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Esta técnica es de gran utilidad para el planeamiento y administración de la ocupación ordenada y racional del espacio.

En teledetección la adquisición de información puede realizarse a nivel orbital (satélites), suborbital (aviones) o terrestre (radiómetros portátiles). Las imágenes satelitales y las fotografías aéreas son los productos más difundidos.

La interpretación de imágenes de satélite permite obtener de forma rápida estimaciones de área cultivada y mapas temáticos actualizados y precisos de las diferentes estructuras espaciales resultantes del proceso de ocupación y uso del suelo. Es importante destacar que esta información puede ser actualizada periódicamente, a bajo costo en comparación con otros métodos tales como censos, vuelos fotogramétricos, etc.

Por otra parte, la información generada por teledetección puede ser compilada y gerenciada a través de un SIG e integrada con otras capas de información como cartas y mapas con datos tabulares.

1.2. Principales características de las imágenes satelitales

Las imágenes satelitales son imágenes digitales obtenidas a partir de la captación de la energía reflejada o emitida por los objetos localizados sobre la superficie terrestre.

Están compuestas por un conjunto de píxeles (unidad mínima de identificación digital). Cada uno de estos píxeles están identificados por un valor numérico que expresa la respuesta de los objetos situados en la superficie terrestre ante una fuente de energía. Esta respuesta varía de acuerdo a las características bio-físico-químicas de los objetos y es lo que permite diferenciarlos en una imagen.

Los sensores que se encuentran en los satélites son los encargados de captar la energía reflejada o emitida por los objetos. Las imágenes generadas por los sensores remotos pueden ser caracterizadas a partir de tres parámetros: resolución espacial, espectral y radiométrica.

La mayoría de los sensores remotos registran la energía electromagnética radiada o reflejada por los objetos. La forma más familiar de energía electromagnética es la luz. Cuando la película de una cámara se expone a la luz, está registrando la energía electromagnética. Muchos sistemas de teledetección se basan en la toma de fotografías; otros en el registro de energía electromagnética invisible como rayos infrarrojos o microondas.

Los satélites han resultado ser muy útiles para el desarrollo de sistemas de teledetección. La Agencia Europea del Espacio (ESA), Estados Unidos, la India, Japón y Rusia han lanzado satélites de observación terrestre. Los satélites estadounidenses *Landsat* han proporcionado una enorme cantidad de información sobre la Tierra. El primero, el *Landsat-1*, se lanzó en 1972. El *Landsat-5* produce imágenes de casi toda la superficie

terrestre una vez cada 16 días. Cada imagen del *Landsat* cubre más de 31.000 km² y muestra objetos de 900 m² de extensión. Los satélites franceses SPOT (*Système Probatoire d'Observation de la Terre*) facilitan imágenes que muestran objetos de tan sólo 100 m² de superficie.

ACCURACY ASSESSMENT PROCEDURE

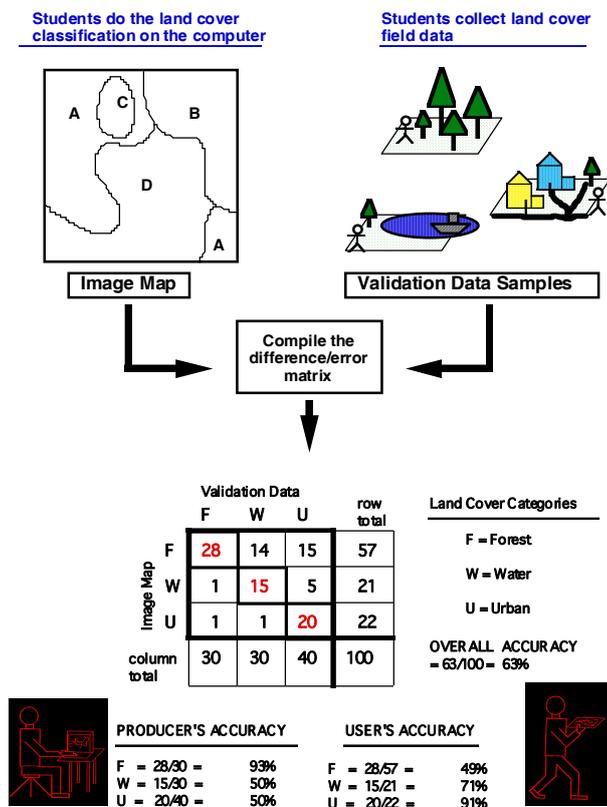


Figura 1. Procedimiento de la obtención de información a partir de un sensor remoto
Fuente: Programa GLOBE

1.3. Características de la radiación energética en el espectro óptico

Se denomina dominio óptico del espectro a aquel grupo de longitudes de onda directamente dependientes de la energía solar. También están incluidas las correspondientes al infrarrojo medio.

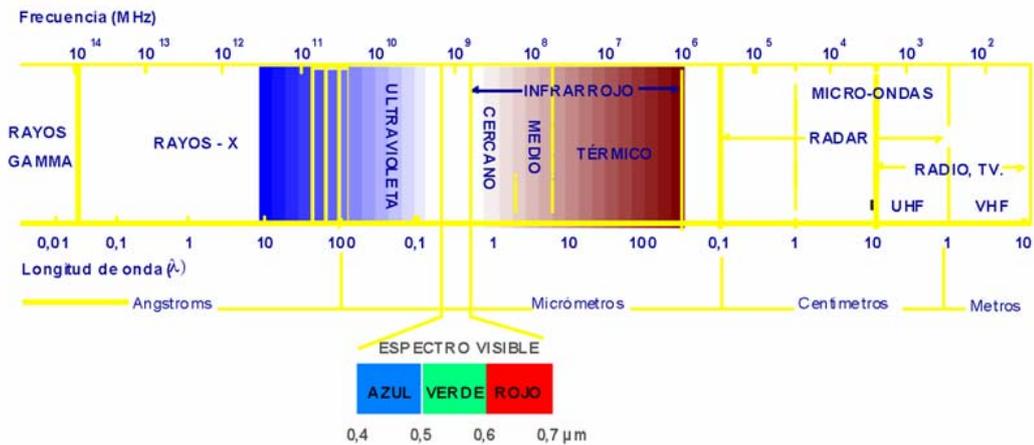


Figura 2. Grafico del especto electromagnético
Fuente. Tomado de Fundamentos de la teledetección, Chuvieco E., 1996

1.4. Comportamiento espectral de la vegetación en el espectro óptico

La caracterización espectral de las masas vegetales constituye una de las actividades más interesantes en la teledetección. Aunque aún existen muchas dificultades como consecuencia de varios factores que influyen en la radiancia final detectada por el sensor.

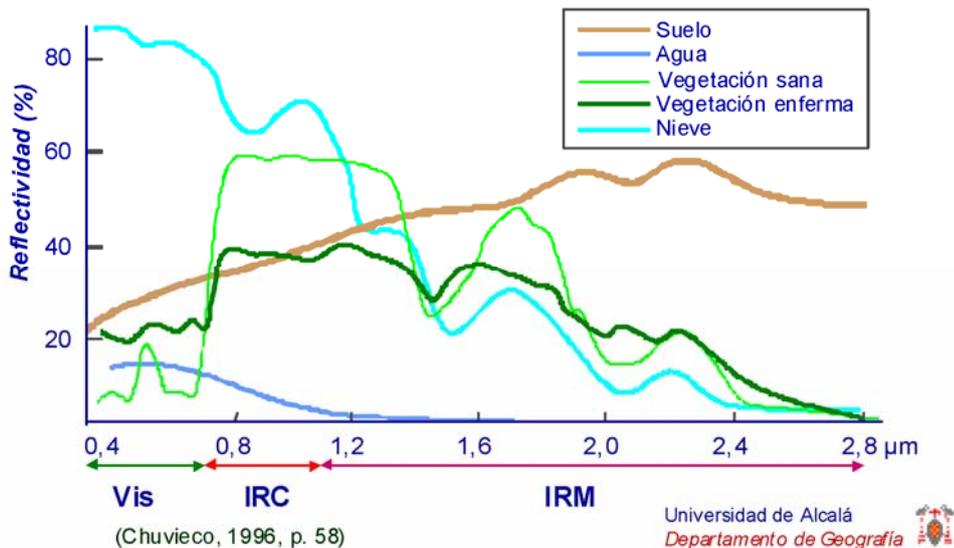


Figura 3. Signaturas espectrales típicas de distintas cubiertas
Fuente. Tomado de Fundamentos de la teledetección, Chuvieco, 1996

En la figura 3 se han obtenido curvas de reflectividad espectral para las principales cubiertas terrestres. Algunas cubiertas presentan una respuesta uniforme en distintas longitudes de onda, mientras que otras tienen un comportamiento más selectivo. Puede observarse que la vegetación presenta un comportamiento muy cromático, con bajos valores de reflectividad en el espectro visible, mas elevados en el infrarrojo cercano y menores en el medio.

Desde el punto de vista de la teledetección, conviene destacar una serie de bandas espectrales, que son las más frecuentemente empleadas con la tecnología actual.

- Banda 1: (0,45 a 0,52 micrones - azul -) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo coníferas y latifoliadas. También es útil para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.
- Banda 2: (0,52 a 0,60 micrones - verde -) Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita.
- Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones - rojo -) Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.
- Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano -) Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.

- Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio -) Indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.
- Banda 6: (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal -) El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
- Banda 7: (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio -) Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidróxilos (OH) y la absorción de agua.

Estas siete bandas pueden combinarse de a tres o más, produciendo una gama de imágenes de color compuesto que incrementan notablemente sus aplicaciones, especialmente en el campo de los recursos naturales.

1.5. Estudio de la Vegetación a través de Sensores Remotos

Con la preocupación acerca del impacto de los cambios climáticos y humanos sobre las comunidades vegetales, el uso de los datos provenientes de sensores remotos ha sido propuesto como un medio para monitorear estas dinámicas, constituyéndose una alternativa para la obtención de mapas de ocupación del suelo.

El 26 % de la flora nativa del país es endémica la mayor densidad de endemismo se encuentra en la zona andina ecuatoriana con aproximadamente 2965 especies endémicas, casi el 75 % de la flora endémica del país (Valencia *et al*, 2000).

La región Andina del Ecuador es la más deforestada del país. Sin embargo, mantiene una flora única y rica en especies que crece en

espacios escarpados y poco accesibles. (Jorgensen y Ulloa, 1994). Se estima que la vegetación paramuna cubre un área de alrededor de 35000 Km², de los que 14000 Km² se encuentra en el Ecuador que corresponde al 5% del total de la superficie del país (Medina *et al*, 1997a).

El uso de imágenes de satélite para la evaluación de los recursos naturales, en especial de la cobertura vegetal y uso del suelo, permiten una mejor definición de la distribución de la vegetación, obteniendo como resultado información tanto numérica como cartográfica de mayor detalle a una escala de 1:100000. Esta información, en conjunto con las ventajas en la utilización de los sistemas de información geográfica, facilitan la actualización, análisis del desarrollo, dinámica y depredación del recurso, información fundamental para la correcta toma de decisiones en cuanto a las políticas de manejo de recursos naturales, tanto a corto como a largo plazo, además con las imágenes satélite se puede llegar a estimar el índice de vegetación que permite conocer de una manera más real el estado de vigor en la zona de estudio y determinar las especies vegetales que conforman las diferentes clasificaciones vegetales (Soria *et al*, 1996).

Las ventajas más importantes de realizar un estudio mediante el índice de vegetación son: los datos cubren todo el área que se quiere analizar, sin falta de puntos de medición ni huecos en la información; los datos se pueden obtener y analizar con la frecuencia necesaria (diaria, semanal, mensual o anual); y, por último, el método suprime el posible error humano que se produce al manipular grandes cantidades de datos (Ameller, 1997).

1.6. Estudio de la Composición Florística

La composición florística nos indica la variedad de órdenes, familias y géneros taxonómicos de las especies que conforman las diferentes categorías de cobertura vegetal dentro del parque.

Con los datos que se obtuvieron de los muestreos (Ver Capítulo IV), se hace el cálculo de una serie de parámetros característicos. Las fórmulas que se presentan a continuación han sido tomadas de Aguirre (1999), Matteucci y Colma (1982).

a. Densidad

Está dada por el número de individuos de una especie o todas las especies encontradas en un área determinada.

$$\text{Densidad} = \text{Número de árboles en la parcela}$$

b. Área basal (AB)

Es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo, en este caso a la altura del pecho, se expresa en cm^2 o m^2 de material vegetal por unidad de superficie de terreno (Rangel *et al*, 1997).

$$\text{Área basal (AB)} = D^2 / 4, \text{ en } \text{m}^2 \text{ (DAP = Diámetro a la altura del pecho)}$$

c. Densidad Relativa (DnR)

Esta dado por el número de individuos de una especie con relación al total de los individuos de la población, se utiliza la siguiente formula (Matteucci y Colma, 1982).

$$\text{Densidad Relativa (DnR)} = \frac{\text{Número de árboles de una especie}}{\text{Número de árboles en la parcela}} * 100$$

d. Dominancia Relativa (Dm)

Es el porcentaje de biomasa que aporta una especie. Se expresa por la relación entre el área basal del conjunto de individuos de una especie y el área muestreada (Matteucci y Colma, 1982).

$$\text{Dominancia (Dm)} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} * 100$$

e. Índice de valor de importancia (IVI)

Este valor nos indica que tan importante es una especie dentro de la comunidad. La especie que tiene el IVI más alto significa entre otras cosas que es dominante ecológicamente, que absorbe muchos nutrientes, que ocupa mayor espacio físico, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese sistema (Aguirre y Aguirre, 1999).

$$\text{Índice de Valor de Importancia (IVI)} = DnR + DmR$$

DnR: densidad relativa

DmR: dominancia relativa

f. Grado de cobertura

Es el porcentaje de cubrimiento que una especie, y/o grupo de especies proyecta sobre una superficie determinada. Se definió utilizando la siguiente escala como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Escala de cobertura vegetal

Grado de cobertura	% Cobertura en la superficie
1	1-10
2	10-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100

Fuente: Aguirre Aguirre, 1999

Cobertura para Bosques: Para la variable cobertura se analizó el porcentaje de presencia de las diferentes especies, para la extracción de esta información se utilizó el Programa Image Tool, que analiza fotografías en escala de grises y determina el porcentaje de cobertura de los diferentes doseles en el bosque.

Cobertura para Páramos: Esta se analizó mediante el método de celdillas de 1 m x 1 m en donde se contabilizó la presencia u ausencia de ciertas especies.

$$X_1 = (m_1 / M_t) * 100$$

M_1 = proporción de puntos la especie este presente.

M_t = número total de puntos

1.7. Estudios Realizados

Desde sus inicios, los productos de la percepción remota han sido de gran utilidad para el reconocimiento y ubicación de objetos en el espacio geográfico; con su desarrollo y perfeccionamiento, la percepción remota sigue aportando una amplia gama de información de estos objetos y de su entorno, que, en el caso de los sensores multiespectrales, está asociada con su respuesta espectral.

El tratamiento digital de imágenes consiste en la manipulación e interpretación de los datos que éstas contienen con la ayuda de computadores. El proceso involucra la rectificación y restauración, realce y clasificación de la imagen. (Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1994)

El uso de la información proporcionada por los satélites especializados en aplicaciones agropecuarias y ambientales, se ha generalizado rápidamente en la última década (Chuvienco, 1996).

Una de las principales ventajas de la realización de inventarios de uso de recursos naturales, mediante imágenes satelitales, es la reducción de tiempo operativo sobre áreas extensas, la posibilidad de revisiones estacionales y de discriminación por tipos de cultivos, vigor y condiciones de humedad, utilizando la respuesta reflectiva de los infrarrojos y diversos índices entre bandas de la imagen (Verbyla, 1995, Manrique, 1999; Montoya, 1997).

El empleo del índice de vegetación –NDVI- ha tenido un gran impulso para abordar los cambios en la vegetación, pues permite conocer el estado de vigor vegetal, así como dar seguimiento a superficies cultivadas (Granados et al., 1996), hacer el inventario de cosechas (Teng, 1990), y corregir deficiencias de nutrimentos en praderas establecidas

(Taylor et al, 1998). Wiegand y Richardson (1984) concluyen que el NDVI caracteriza la canopia en términos de intercepción de luz y de rendimiento, ya que se utiliza como una herramienta importante para cuantificar el efecto del estrés sobre el desarrollo del dosel y el rendimiento de grano.

La predicción de rendimientos a través de imágenes de satélite está muy relacionada con la capacidad para identificar las especies de cultivos, así como ciertas variables agronómicas como madurez, densidad de población, vigor y enfermedades, las cuales pueden usarse como indicadores de rendimiento (National Academy of Sciences, 1977).

La identificación de cultivos y la medición de la superficie sólo son una etapa en el proceso, la otra etapa es la predicción y la estimación del rendimiento.

El uso de imágenes de satélite para la evaluación de los recursos naturales, en especial de la cobertura vegetal y uso del suelo, permiten una mejor zonificación de la distribución de la vegetación, obteniendo como resultado información tanto numérica como cartográfica de mayor detalle. Esta información, aunada a las ventajas en la utilización de los sistemas de información geográfica, facilitan la actualización, análisis del desarrollo, dinámica y depredación del recurso, información fundamental para la correcta toma de decisiones en cuanto a las políticas de manejo de recursos naturales, tanto a corto como a largo plazo.

La utilización de esta tecnología en diversas investigaciones en zonas áridas ha sido amplia y con diversos objetivos. Por otra parte, la incorporación del estado fenológico de la vegetación ha sido extensamente utilizada para incrementar la precisión en la clasificación espectral de las imágenes de satélite, encontrando que el análisis

multitemporal de imágenes de satélite aumenta la precisión en la clasificación de las comunidades vegetales al incorporar la información del comportamiento fenológico de ésta al proceso de clasificación.

CAPITULO II

SITIO DE ESTUDIO

2.1. Información general del parque nacional cajas

2.1.1. Aspectos Físicos

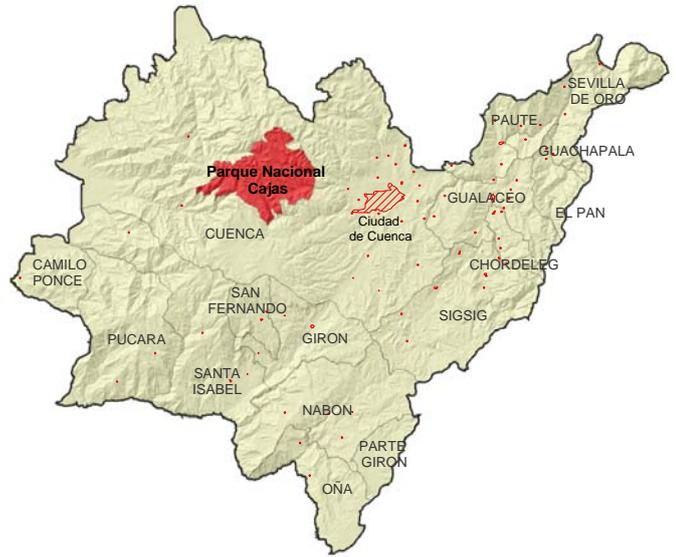
2.1.1.1. Ubicación Geográfica

El Parque Nacional Cajas, esta ubicado en la provincia del Azuay, en el cantón Cuenca, al Occidente de la ciudad, a una distancia aproximada de 32 km, dentro de la categoría de la zona de páramo andino ecuatoriano, cuenta con dos vías de acceso, la Cuenca-Molleturo-Naranjal por el Norte y la Cuenca-Soldados-Angas hacia el Sur.

El Parque Nacional tiene una superficie de 28544 ha; cartográficamente esta conformado por 4 hojas topográficas: Chaucha del año 1973; San Felipe de Molleturo correspondiente al año 1987; Chiquintad del año 1992 y la hoja de Cuenca del año 1992, información levantada por Instituto GeoFigura Militar (IGM), con un escala 1:50000. Toda la información ha sido proyectada al sistema de coordenadas UTM –Universal Transversa de Mercator, con Datum Horizontal WGS84, Zona 17, Sur.



Ubicación de la Provincia del Azuay



División Cantonal de la Provincia del Azuay

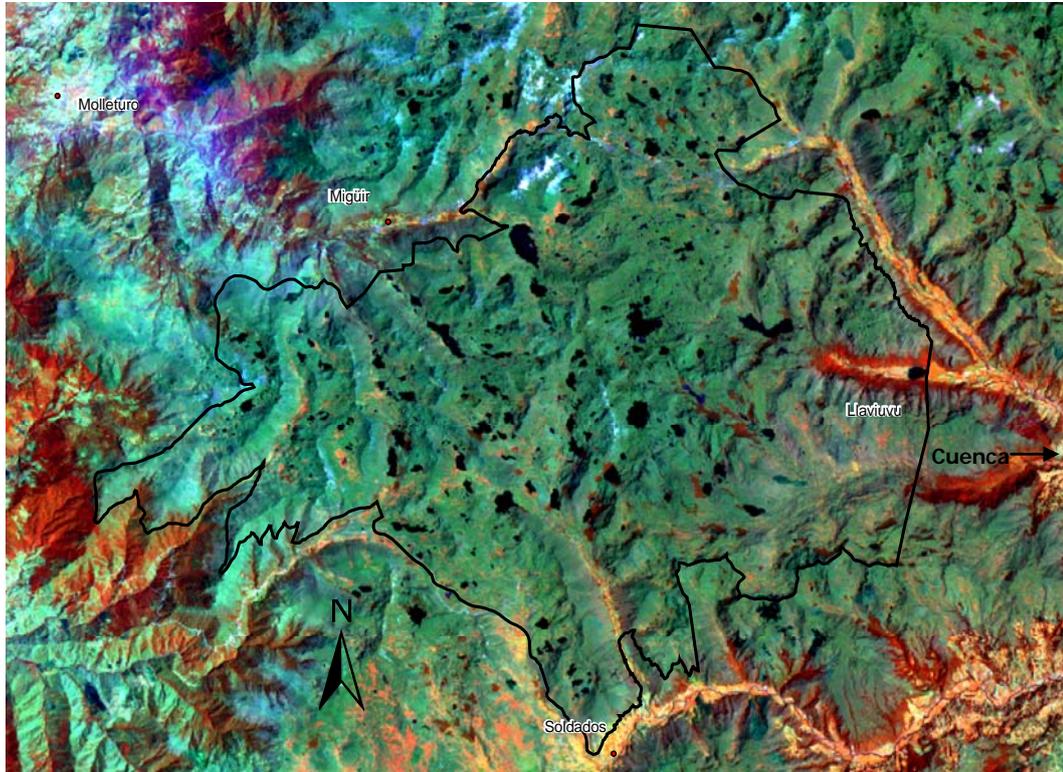


Figura 4. Ubicación Geográfica del Parque Nacional Cajas

Sus coordenadas proyectadas en UTM de los puntos extremos son las siguientes: al Norte 678221,44 E, 9724287,91 N; ($2^{\circ} 29' 36.47''$ N - $79^{\circ} 23' 49.47''$ W); al Sur 711028,23 E, 9598900.06 N ($3^{\circ} 37' 36.57''$ N - $79^{\circ} 6' 0.40''$ W), al Este 786893.83 E, 9709313,45 N ($2^{\circ} 37' 38.06''$ N - $78^{\circ} 25' 11.80''$ W) y al Oeste 637758,27 E, 9661645,01 N ($3^{\circ} 3' 37.64''$ N - $79^{\circ} 45' 37.24''$ W).

Ubicación del Parque Nacional Cajas en las 4 hojas topográficas

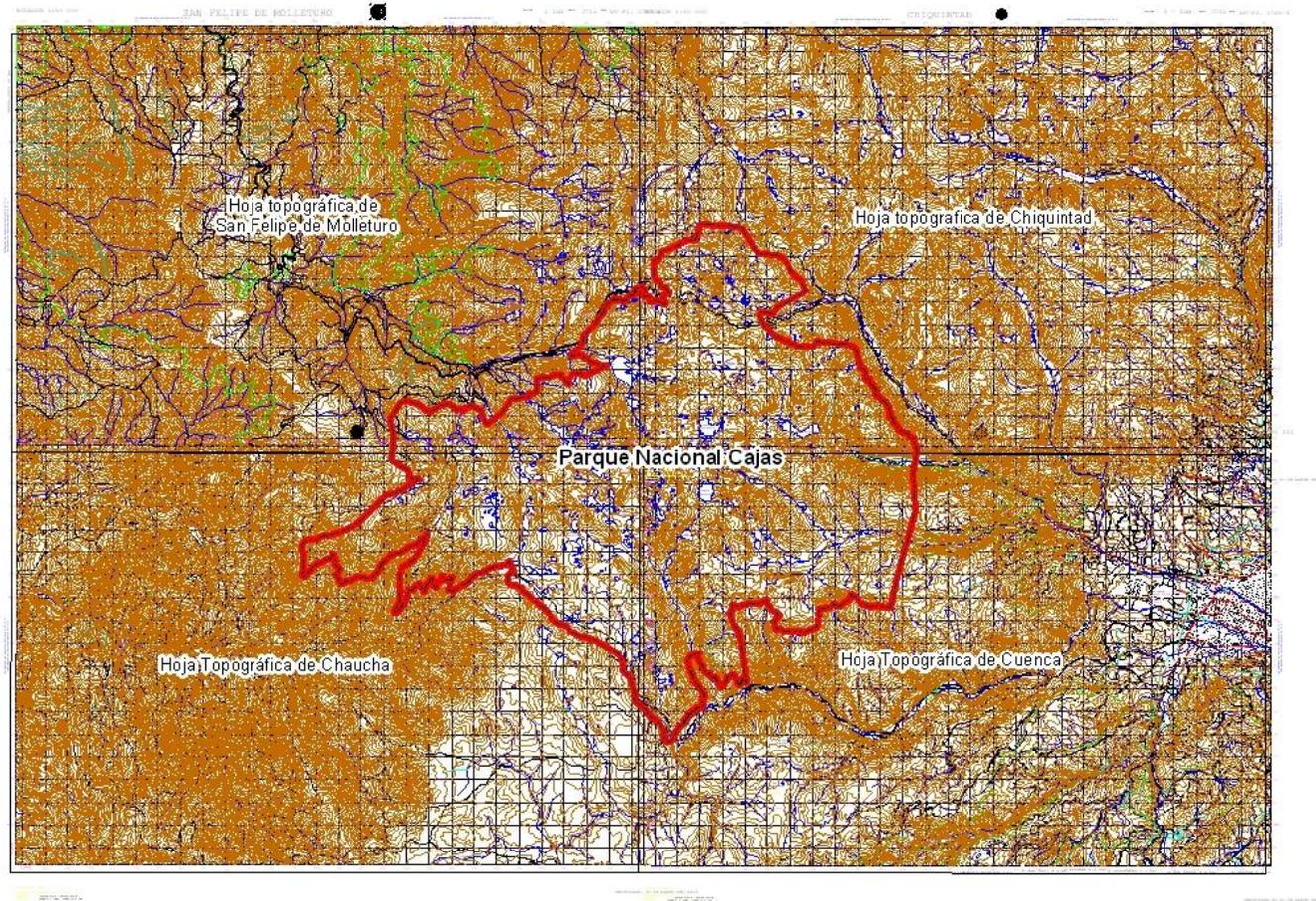


Figura 5. Ubicación del Parque Nacional Cajas en las 4 hojas topográficas

Este Parque Nacional, constituye un complejo lacustre único en el país, ubicado en la divisoria continental de aguas. Forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SNAP, que tiene como propósito conservar los ecosistemas que contribuyen a mantener la diversidad biológica y generar servicios ambientales que son aprovechados sustentablemente por la población.

Su manejo y gestión esta descentralizada, a partir del año 2000 está a cargo del Municipio de Cuenca, como primer proyecto piloto a nivel nacional de administración de un área protegida a cargo de un ente municipal ETAPA, empresa que lleva a cabo programas de monitoreo de control de calidad con el fin de garantizar el abastecimiento de agua para la ciudad de Cuenca, constituyéndose en una área de vital importancia para los ciudadanos.

2.1.1.2. Altura

El Parque ocupa parte de los territorios de la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos, altitudinalmente está enmarcado entre los 3.200 m s.n.m. (Llaviuco), y los 4.400 m s.n.m. (Canoas). La distribución del territorio, según la figura 1, es de 937,6 ha que corresponden al 3,3% de la superficie del parque, pertenece al rango entre los 3150 m s.n.m. y 3500 m s.n.m., la mayor superficie este entre los 3500 m s.n.m. y los 4000 m s.n.m. con un 62,9% (17955,3 ha), y las zonas mas altas con un rango de 4000 m s.n.m. a los 4500 m s.n.m.

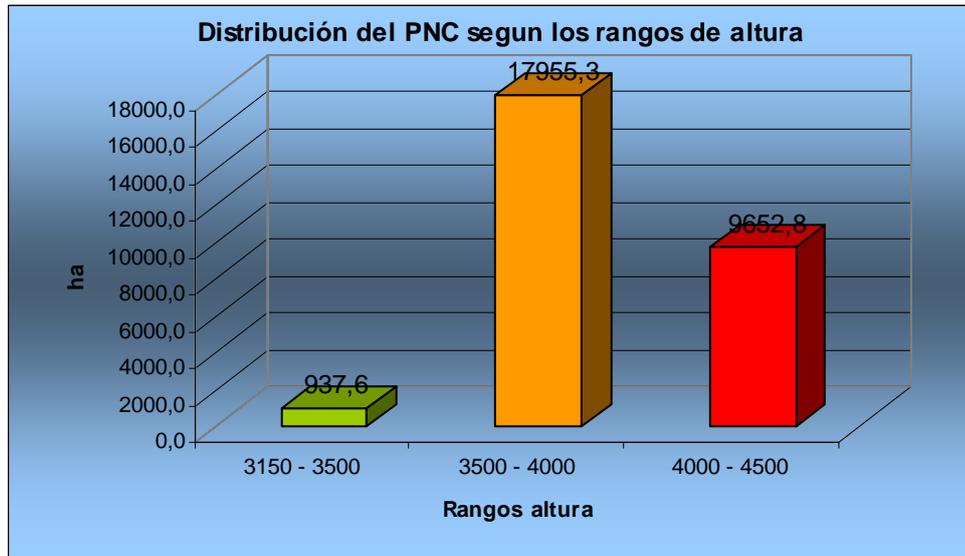


Figura 6. Distribución de la superficie del Parque según los rangos de altura
Fuente: Autores

2.1.1.3. Hidrografía

El Parque Nacional Cajas conforma un sistema montañoso donde nacen las cuencas hidrográficas de los ríos Balao, Cañar y Paute. Las cuencas de los ríos Balao y Cañar aportan a las aguas del Océano Pacífico y el río Paute al Océano Atlántico. Estas cuencas están conformadas por 14 microcuencas, las de mayor importancia, corresponden a: río Mazan con 4972,64 ha, río Taitachugo (Llaviucu) con 4586,543 ha, río Matadero (Tomebamba) con 3570,827 ha, río Luspa (microcuenca Miguir) es la mas grande con 5815,4 ha y río Soldados con 4255,17 ha.

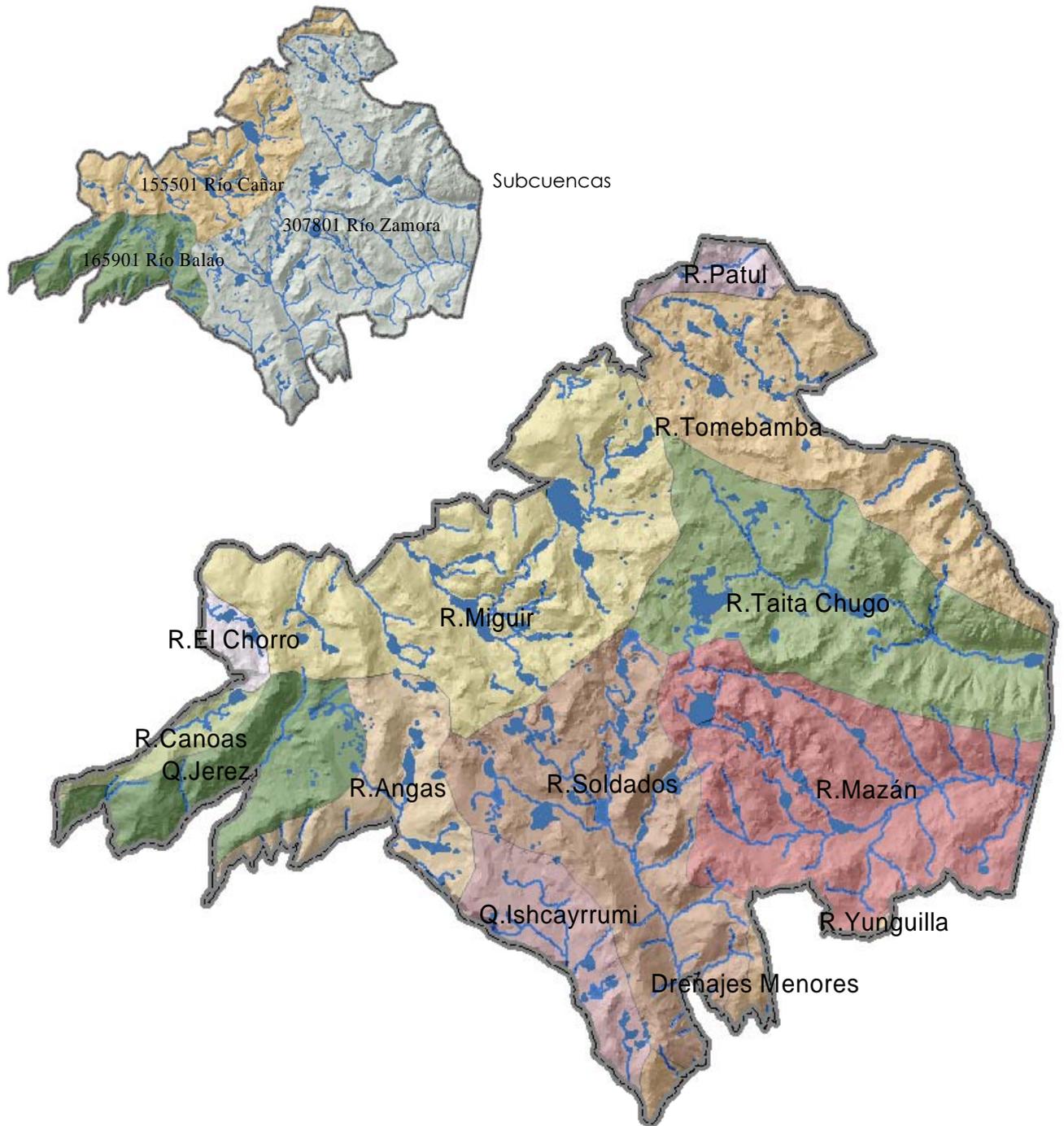


Figura 7. Distribución de Cuenca, subcuencas y microcuencas en el PNC

Fuente: ODEPLAN, 2003

Tabla 2. Distribución de las microcuencas en el PNC

Micro cuenca	Superficie (ha)	% Superficie	Perímetro
R. El Chorro	301.21	1.0	8804.52
R. Migüir	5815.412	19.7	44489.36
R. Patul	422.546	1.4	11643.62
Q. Jerez	1856.902	6.3	29827.1
R. Angas	1564.544	5.3	28818.33
R. Canoas	428.933	1.5	13878.49
Drenajes Menores	335.503	1.1	14736.24
Q. Ishcayrumi	1348.998	4.6	20543.98
R. Mazán	4972.64	16.9	33482.2
R. Soldados	4255.165	14.4	36215.55
R. Taita Chugo	4586.543	15.6	33157.78
R. Tomebamba	3570.827	12.1	38525.02
R. Yunguilla	18.155	0.1	2025.21

Fuente: ODEPLAN, 2003

2.1.1.4. Biodiversidad

El Parque Nacional Cajas es una de las áreas protegidas del país con mayor endemismo vegetal. El "Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador" registra 71 especies endémicas dentro del Parque y estima que con estudios exhaustivos se podrían encontrar 145 especies endémicas. El 30% de las especies registradas son exclusivas del Cajas, es decir, incluyen 21 especies únicas en el mundo, de las cuales el 70 % están consideradas "en peligro de extinción" y el restante 30 % como "vulnerables" (Minga y Serrano, 2002, en Descripción biofísica – Plan de Manejo Integral del PNC).

2.1.1.5. Topografía y geomorfología

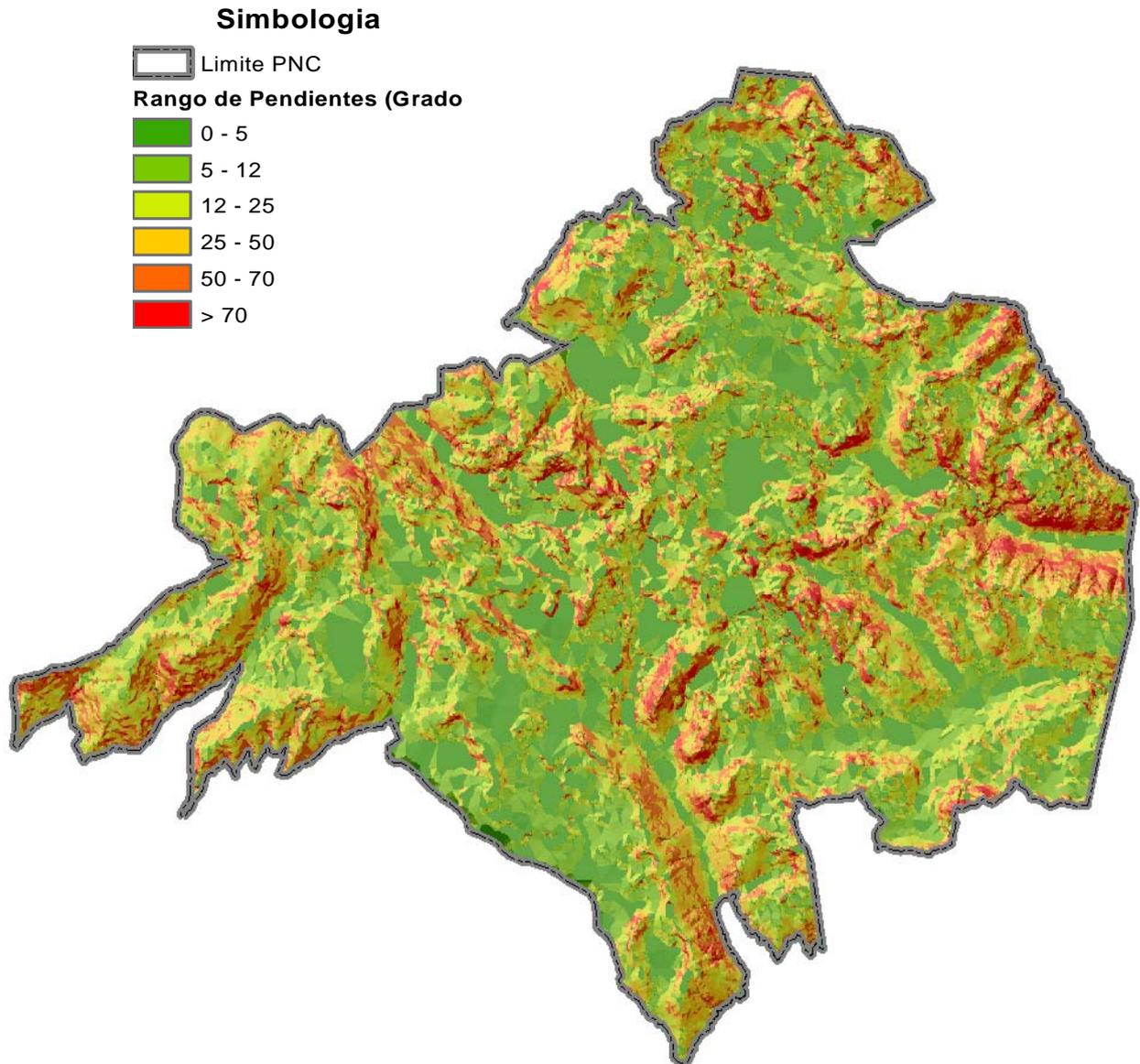


Figura 8. Distribución de Pendientes

Fuente: Dinaren

Realizado: Autores

La topografía del parque es muy irregular, las pendientes dominantes son aquellas que se encuentran en el rango de 12 a 25° con el 37,5%, cubren una superficie de 10717 ha; a continuación se encuentran aquellas pendientes que están en el rango de 25 a 50 con el 31,7%, ocupan una superficie de 9052,99 ha. Luego se encuentran aquellas pendientes que están entre el rango de 5 a 12, cubren una superficie de 4798,56 ha (16,8%); el rango de 0 a 5 grados cubren una superficie de 3995,73 ha y 14% y con un rango de 50- 70, tiene una superficie de 21,51ha que equivale al 0,1%.

2.1.1.6. Geología

El origen geológico del parque data del cuaternario, la roca es de la era mezosóica o secundaria (entre hace 120 y 200 millones de años, era en la que empiezan los plegamientos alpinos con grandes fenómenos volcánicos en Sudamérica) y el complejo lagunar data de la era antropozoica o cuaternaria (entre hace 1 y 2 millones de años, era en la que se dan las formaciones glaciares, vivía el Mamut y se da el origen y desarrollo del hombre) Durante el tiempo de la deglaciación, en las elevaciones se labraron los valles en "u" y las lagunas escalonadas a manera de "cajas". La cadena andina divide a la zona austral (sur) del Ecuador (en donde se encuentra el Parque Nacional Cajas), en tres regiones con características geomorfológicas y climáticas propias.

2.1.1.7. Suelos

Los suelos que comprende el Parque Nacional Cajas tienen el predominio de suelos perteneciente al grupo de los inceptisoles (USDA Soil Taxonomy, 1995); los suelos de este grupo representan el 74,1% del total del área (el

grupo de los Inceptisoles es muy amplio); sin embargo, en el Parque los Hydrandepts representan el 73,6% y el restante 0,5% lo constituyen suelos del tipo denominado en este sistema como Dystrandeps. Estos suelos, en la actualidad (Soil Survey Staff, 1995), se agrupan en los denominados Andisoles, que son equivalentes a los denominados Andosoles en el sistema de clasificación propuesto por la (FAO, 1991).

La combinación de los parámetros intrínsecos de este grupo de suelos predominante en el Parque (74% cubierto con Andosoles) da como resultado unas características excepcionales para el almacenamiento-regulación del ciclo hidrológico en virtud de que el alto contenido de materia orgánica presente, la alta porosidad y consecuente baja densidad aparente permiten que la mayor parte del agua sea retenida en el suelo y lentamente entregada hacia los cursos de agua. De hecho, esta propiedad está directamente vinculada con la presencia de la cobertura de vegetación tanto herbácea como arbustiva y arbórea; de otra forma, se produciría erosión y lavado rápido hacia los humedales.

2.1.1.8. Clima

Los Andes cumplen una importante función de regulación natural del clima en la región, generando una gran variedad de microclimas según su ubicación, adicionalmente, la presencia en las costas ecuatorianas de la corrientes fría de Humbolt y cálida de El Niño producen una mayor concentración de nubes, el Cajas al encontrarse a 90 km en línea recta hacia el océano Pacífico, recibe una influencia directa lo que provoca una caracterización ecosistémica muy particular.

La precipitación media anual estimada para el Parque Nacional Cajas, correspondiente al período 1965 – 1990, es de 1.072 mm, con un valor mínimo de 829 mm y un máximo de 1.343 mm (Guzmán, 2005). La variabilidad de las lluvias a pequeña escala está determinada principalmente por variaciones en la velocidad y dirección del viento, controladas por pendientes pronunciadas y la topografía accidentada (Guzmán 2005).

En definitiva, las características climáticas y de altura definen al Parque Nacional Cajas como zona de páramo, por presentar un intenso frío en varios momentos del día, escasez fisiológica de agua en la noche, alta irradiación ultravioleta y baja presión atmosférica, la fina capa de atmósfera posibilita la filtración de rayos ultravioleta, lo que imposibilita retener el calor generado, lo contrario de lo que sucede en las regiones costanera y amazónica. Estas características crean las condiciones para hacer del Parque un páramo de frío intenso, que obliga a que las especies, por la disminución de oxígeno, hayan tenido que desarrollar peculiaridades genéticas propias, para adaptarse a este hábitat, lo que ha originado endemismos únicos en el mundo.

2.1.2. Aspectos Biológicos

2.1.2.1. Importancia Ecológica de los páramos

Los páramos son un ecosistema de gran importancia ecológica y económica. Este ecosistema tropical de alta montaña posee una alta biodiversidad (en relación a su superficie total) y, sobre todo, elevados niveles de endemismo que en algunos grupos puedan alcanzar al 60% (Luteyn 1992, Molano 1996 citado por Medina, et al, 1997). Ecológicamente el páramo es un sistema frágil y lento de recuperarse

después de perturbaciones, por lo tanto cualquier cambio tienen gran impacto (Luteyn, 1992).

Los paramos también son la fuente y los reguladores de la mayor parte de los sistemas hídricos de grandes extensiones de tierra con la cordillera. Sin embargo, están sufriendo un acelerado proceso de deterioro (Luteyn 1992, Molano, 1996 citado por Medina, et al 1997). El número de especies tiende a disminuir con la altitud, sin embargo, a pesar de que el páramo tiene menos especies que un bosque húmedo o un bosque andino, no es un ecosistema biológicamente pobre. (Mena, 2000).

2.1.2.2. Hábitats Presentes

En el Parque Nacional Cajas existen 5 tipos de hábitats que se pueden encontrar:

a. Bosque altoandino de Mazán, Llaviucu y Jerez

Este hábitat se localiza entre los 2.900 y 3.400 m s.n.m. Según la clasificación de Sierra *et al.* (1999), se encuentra dentro de la formación vegetal de Bosque siempre verde montano alto.

La estructura de la vegetación puede cambiar como consecuencia de alteraciones causadas por la explotación forestal y la extracción de leña;



Figura 9: Bosque de Llavivucu
Fuente: Autores

pudiéndose diferenciar zonas de bosque no intervenido (primario) y zonas de bosque intervenido (secundario).



Figura 10: Bosque de Llavivuco (pendientes)
Fuente: Autores

Los bosques primarios son áreas clareadas y mantienen un buen número de árboles maduros, es un hábitat muy variable dependiendo de la altitud y pendiente. En zonas más pobladas y densas el bosque se

estratifica formando un dosel de copas uniformes con árboles que pueden llegar a 20 m de altura.

Los bosques secundarios son consecuencia del raleo del bosque primario, en sus primeras fases de crecimiento existen zonas muy cerradas formadas por especies pioneras como *Rubus* sp y *Weinmannia* sp en los lugares mas abiertos, por ejemplo, junto a los pastizales y senderos crecen fácilmente arbustos de *Salvia* spp, *Calceolaria* sp y *Fuchsia* sp en las zonas mas avanzadas predomina *Miconia* spp alcanzando 7.5 m de altura (Torral, 1998)

b. Bosque de Quinua (*Polylepis*)



Figura 11: Bosque de Quinuas cerca de la Laguna Barros
Fuente: Autores

Hay varias especies arbóreas que crecen a grandes altitudes y se encuentran aisladas o como parte de los remanentes boscosos en los páramos. Los yaguales o pantzas, del género de rosáceas *Polylepis*,

también conocidos como árboles de papel, queñoas o colorados o quinuas, son los árboles que alcanzan mayores altitudes en las montañas. Hay árboles que crecen sin problema por encima de los 4.000 metros. El nombre *Polylepis* significa "muchas escamas" y se refiere a la corteza especial de estas plantas, cubiertas por escamas grandes y rojizas semejantes a papel.

Estas formaciones vegetales se encuentran sobre los 3.300 m s.n.m., generalmente en sitios protegidos y cerca de las lagunas; en sitios rocosos, encañonados y, a las orillas de quebradas y riachuelos. (Hosftede, 1998).

En asociación con la quinua encontramos árboles y arbustos de *Weinmannia*, *Buddlea*, *Gynoxys*, *Orepanax* y *Clusia*.

c. Páramo de Pajonal

Se caracteriza por tener una cobertura vegetal relativamente escasa en la que dominan gramíneas como: *Calamagrostis* y *Festuca spp* entre las zonas más protegidas por el relieve o por rocas aisladas crecen arbustos de *Lachemilla*, *Culcitium*, *Draba*, *Gentianella*, *Hypochoeris*, *Loricaria*, y *Lycopodium*.



Figura 12: Páramo de pajonal en Jerez
Fuente: Autores

A menos de los 3500 m s.n.m. esta cubierta principalmente por formaciones continuas de gramíneas, como *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis* que llegan a una altura de 80 cm, entre estas encontramos arbustos como *Lupinus* sp, *Vaccinum*, *Rubus* spp, *Chuquiragua*, *Gynoxys*, *Vallea* sp y *Buddlea* sp, *Puya* sp, *Guzmania* sp entre otras.

d. Páramo de almohadillas

Se las encuentra en zonas inundadas o pantanosas, distribuidas en todo el PNC. Constituyen formaciones de gran importancia ecológica, ya que muchos ríos y quebradas andinas encuentran su fuente en éstos sitios (Hofstede, 1998).

Las almohadillas pueden cubrir grandes superficies de terreno sin prácticamente dejar que otras formas de vida cubran parte del suelo. Algunas pueden tener una estructura muy rígida (Mena, 2000).

Las almohadillas generan un microclima menos frío en su interior, donde se protegen los órganos jóvenes de la planta. Hay varias especies que

pueden ser citadas: *Disticha*, *Plantago*, *Genciana*, *Lachemilla*, *Hypericum*, *Hypochaeris*, *Werneria* spp, *Xenophyllum roseum*, *Oreobolus ecuadorensis* y *Distichia muscoides*.



Figura 13: Páramo de almohadillas, Lag. Patoquinuas
Fuente: Autores

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Fase de Campo

3.1.1. Definición de diferentes categorías temáticas de cobertura vegetal

Para la clasificación fue necesario definir la leyenda temática, la misma que nos sirvió como base para el estudio de la composición florística y son.

- a. Bosque Alto andino
- b. Bosque de Quinuas
- c. Páramo de pajonal
- d. Páramo almohadillas
- e. Suelo descubierto
- f. Pastos y cultivos
- g. Cuerpos de agua

3.1.2. Ubicación de las parcelas de muestreo

En esta etapa la planificación del estudio nos llevo a realizar las salidas de campo a los lugares más adecuados, con los siguientes criterios:

- Distancia mínima de 1000 m lejos de la vía.
- Lugar con un grado mínimo de intervención humana (trabajos silvopastoriles, recolección de leña)

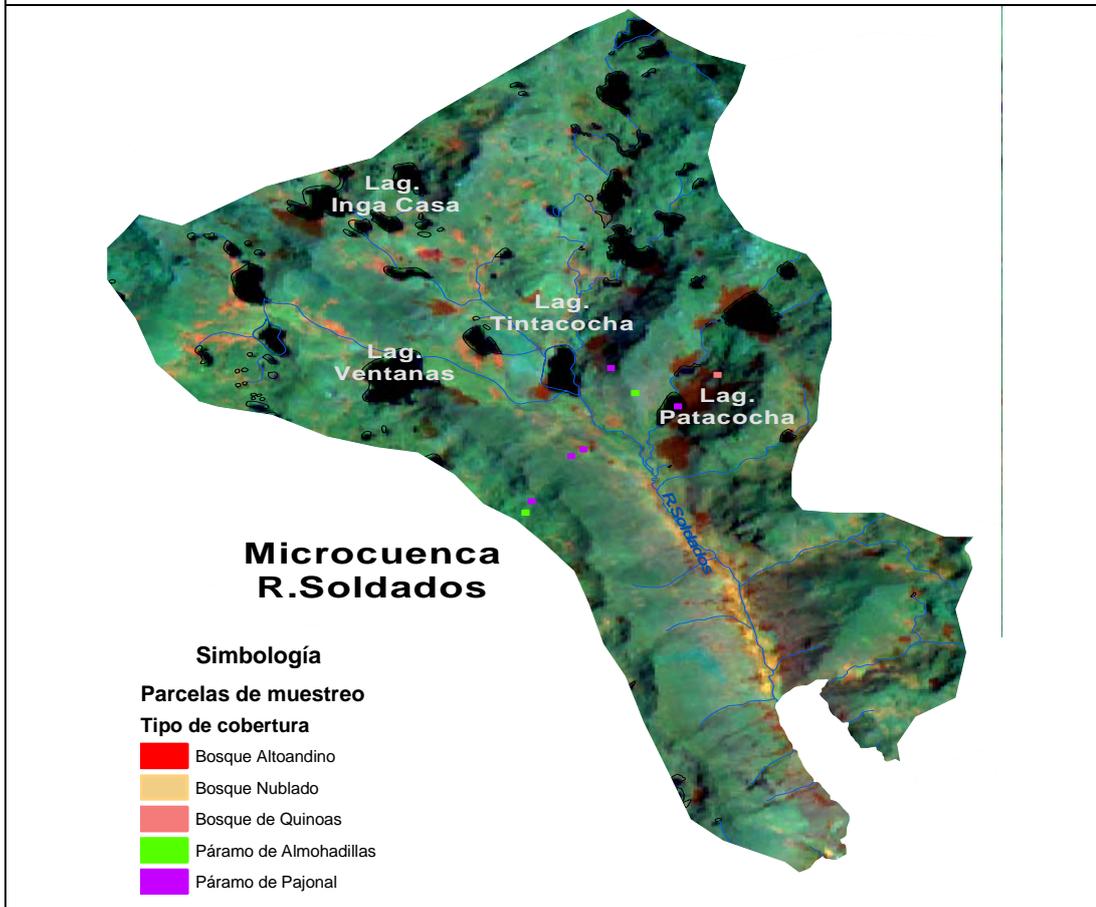
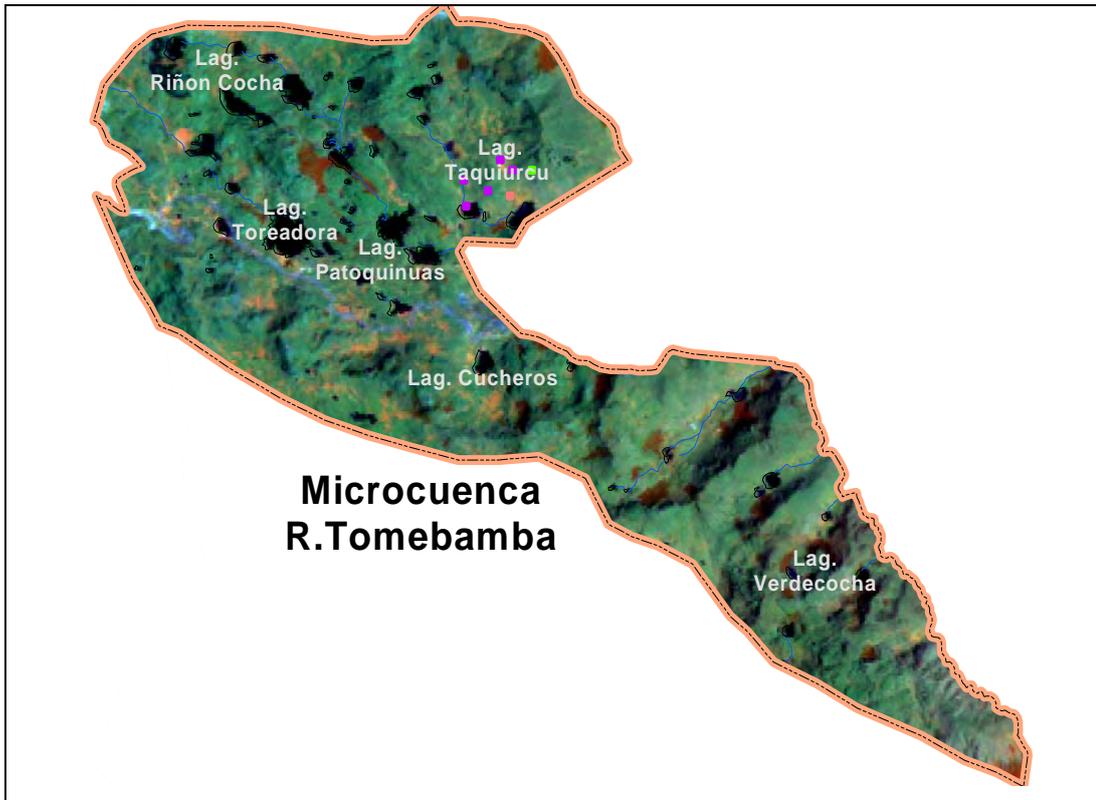
- Los sitios de recolección fueron seleccionados previamente con las imágenes de satélite, y fueron ubicados dentro una microcuenca.
- Parcelas dentro un área homogénea y, rodeado de características similares.

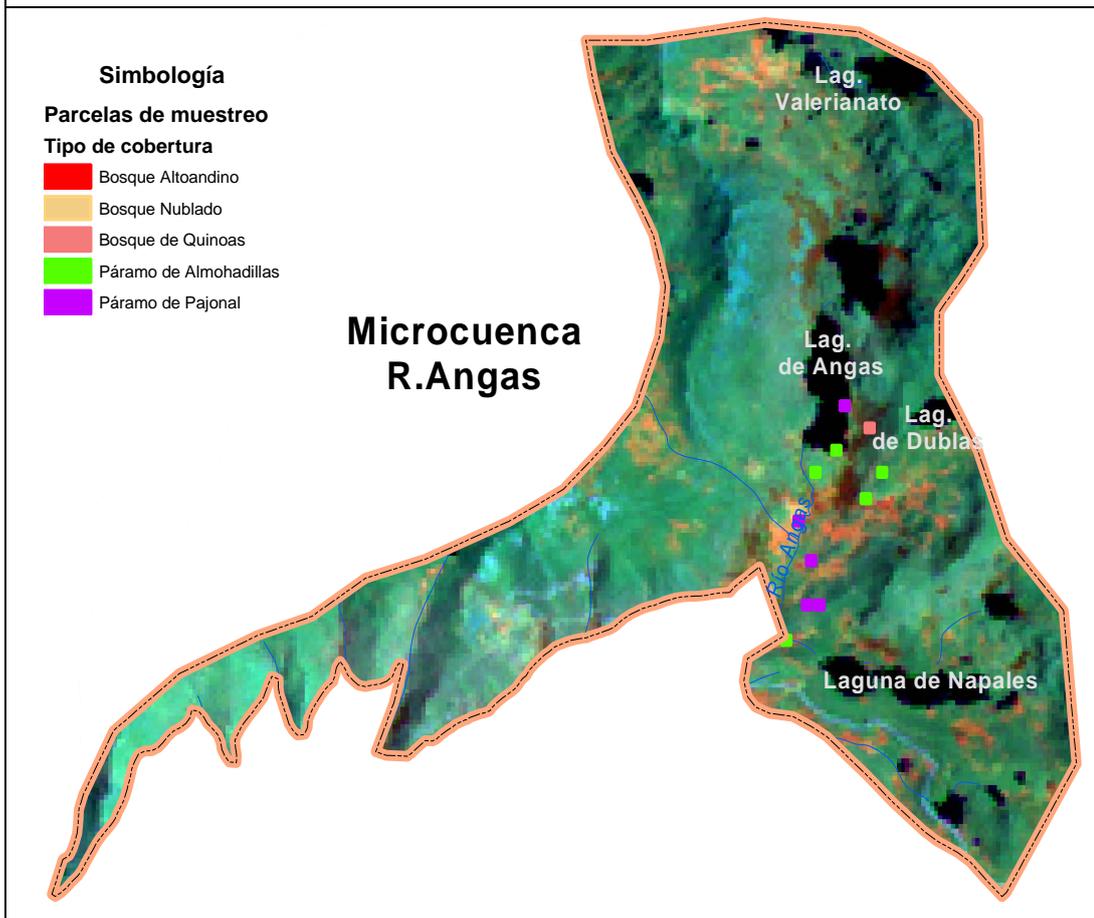
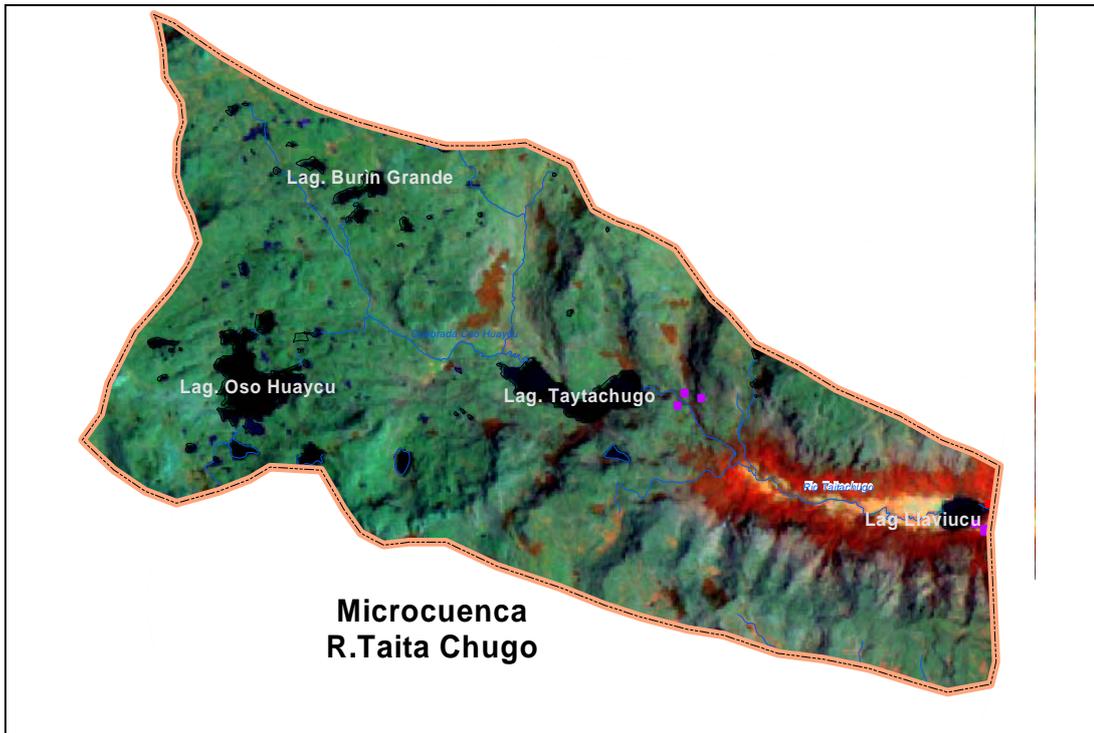
Los sitios escogidos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ubicación y tamaño de las parcelas de muestreo

BOSQUE	TAMAÑO (m)	AREA (m ²)	# PARCELAS MUESTREADAS	TOTAL AREA	MICROCUENCAS
Bosque Altoandino	30 x 40	1200	3	3600	Taitachugo (Llaviuco), Canoas, Jerez y Mazán
Bosque Quinuas	30 x 40	1200	3	3600	Tomebamba, Soldados y Angas
Páramo de pajonal	8 x 8	64	20	1280	Soldados , Angas, Tomebamba, Taitachugo (Llaviuco),
Páramo de almohadillas	8 x 8	64	16	1024	Soldados, Angas, Tomebamba y Miguir

Fuente: Autores





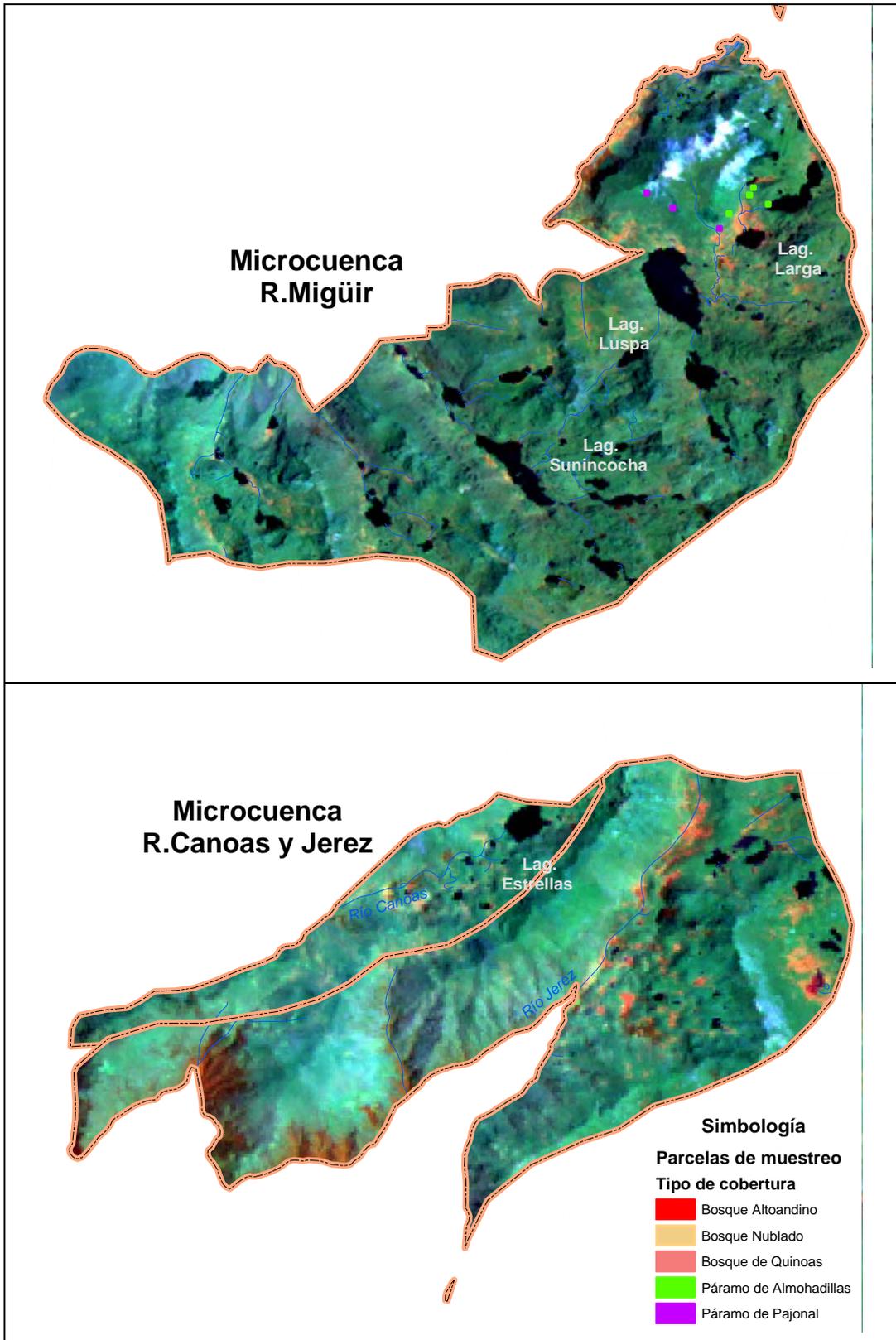


Figura 14. Ubicación de las parcelas muestreadas en las microcuencas
Fuente: Autores

3.1.3. Cuadrantes de muestreo para el estudio de la composición florística

Con la ayuda de las imágenes satélites se determinó los sitios de muestreo equivalentes a 1,3072 ha del PNC, tratando de mantener siempre la homogeneidad del terreno. Cada uno de los cuadrantes están relativamente cerca el uno del otro con la finalidad de facilitar como zonas de entrenamiento para la posterior clasificación de las imágenes.

3.1.3.1. Bosques

Se tomaron parcelas de de 30 m X 40 m y se midió las siguientes variables:

- a. El diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles y arbustos iguales o superiores a 5 cm de diámetro en bosques altoandinos y para los bosques de quinuas el límite fue de un DAP de 2,5 cm.
- b. Para los datos tomados en el campo se utilizó una matriz de muestreo en la que se anotan las familias, géneros, especies y nombres comunes (en lo posible) de los individuos encontrados, además el DAP, la altura del dosel y las principales características de los individuos, a cada individuo nuevo encontrado le colocamos un código para su posterior identificación. Todas las parcelas fueron georeferenciadas con la ayuda de un GPS.



Figura 15. Bosque de Canoas y Jerez

Fuente: Autores

- c. Las muestras colectadas en el campo fueron catalogadas, prensadas y secadas. La identificación taxonómica de las especies se realizó en el herbario de la Universidad del Azuay.
- d. Se determinó la densidad, área basal, dominancia relativa, densidad relativa, índice de valor de importancia según la metodología recomendada por Carlos Cerón en Aguirre y Aguirre, 1999, (*Ver Capítulo I*) utilizando las fórmulas de la guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales.
- e. La cobertura en bosques se analizó mediante el programa Image Tool. Para lo cual se utilizó una fotografía georeferenciada de la cobertura muestreada con un ángulo de 90°; esta información es analizada y procesada en escalas grises, lo que nos da el porcentaje de cobertura.

3.1.3.2. Páramos

Para la toma de datos de los paramos se realizó la siguiente metodología.

- a. Área Mínima: consiste en realizar un barrido de todas las especies vegetales en un cuadrante de metro cuadrado que luego se amplió en proyección geométrica hasta que la curva de especies sea asintótica, es decir, no se encuentren especies nuevas. Se realizaron 8 cuadrantes de área mínima que ha abarcado una superficie total muestreada de 2272 m².



Figura 16. Páramo de almohadillas en Soldados
Fuente: Autores

- b. Determinación de la cobertura en páramos. Esta se analizó con el método de celdillas de 1 m x 1 m en donde se analizó: La presencia o ausencia de ciertas especies, estas se calcularon con una medida en manera de X dentro del metro cuadrado.
- c. También se determinó número de individuos por especie, abundancia.



Figura 17: Páramo de pajonal en Llaviucu
Fuente: Autores

3.1.3.3. Bosques cultivados y Pastos y Cultivos.

Estos lugares fueron analizados en las imágenes y previamente corregidos y sus resultados fueron comprobados en el campo, a partir de la obtención de los valores del Índice de Vegetación (NDVI).

3.2. Fase de Laboratorio

En esta fase se utilizó el programa ENVI 4.0 con el cual se importó las imágenes y los procesos para la obtención de los datos.

3.2.1. Procesamiento de las imágenes

Esta etapa consta a su vez de tres partes:

3.2.1.1. Pre-procesamiento:

Con este proceso se trata de disminuir las distorsiones geométricas en el momento en que la imagen es tomada por el satélite, no es más que un método matemático mediante el cual se busca disminuir los errores sistemáticos, tales como el desplazamiento del relieve, rotación y curvatura de la tierra, estos son corregidos georreferenciando la imagen con ayuda de cartografía de la zona.

Posteriormente las imágenes son corregidas radiométricamente a fin de permitir un análisis comparativo entre ellas.

Las bandas del sensor Landsat utilizadas en este trabajo son la 3, 4 y 5. La banda 3 en el rango visible permite detectar suelos desnudos, las bandas 4 y 5 en el infrarrojo cercano y medio respectivamente ofrecen buena información espectral de los diferentes cultivos, su cobertura y su estado fitosanitario en general.

Contraste: A todas las imágenes se les realizan tratamientos de realce de contraste a fin de lograr una mejor identificación visual de los diferentes elementos presentes.

Trabajo de Campo: previo al procesamiento de las imágenes son seleccionadas áreas homogéneas que representen diferentes coberturas vegetales. Luego se realiza una visita a campo a fin de identificar las coberturas correspondientes a dichas áreas.

3.2.1.2. Procesamiento:

La clasificación digital de imágenes es un proceso de análisis que en general es abordado desde la interpretación del píxel aislado, lo cual presenta la limitación de basarse solamente en atributos espectrales.

Selección de áreas de entrenamiento: se escogen las mejores muestras relevadas en campo para el entrenamiento del clasificador. Es importante aclarar que se usaron los cuadrantes de muestreo para el estudio de la composición florística de la fase de campo de este proyecto y además se incluyeron los sitios de verificación de cada una de las categorías con el fin de incrementar el número de píxeles que sirvieron como áreas de entrenamiento.

Clasificación supervisada: este proceso es definido como una operación de relación y comparación y su objetivo es agrupar a todas las regiones de características semejantes en un mismo grupo (clase), estas clases son definidas en función del objetivo del proyecto, en nuestro caso las diferentes coberturas del suelo.

3.2.1.3. Intersección de imágenes:

En esta etapa se realizan operaciones aritméticas entre las imágenes clasificadas de los diferentes años para hacer un análisis comparativo entre clases. De este modo se pueden identificar áreas de confusión las que son corregidas, aumentando así la precisión del producto final.

3.2.1.4. Pos-procesamiento

Esta etapa tiene como objetivo determinar la exactitud del mapa de cobertura de suelo obtenido. Para ello se realiza una verificación a

campo, las áreas a visitar corresponden a regiones previamente definidas durante el proceso de segmentación.

A partir de las muestras relevadas en campo se obtiene la matriz de confusión y son calculados diferentes parámetros de precisión, entre ellos, error del productor y del consumidor, índice de precisión global e índice Kappa. De este modo se cuantifica la calidad del producto final.

En el siguiente diagrama de flujo queda sintetizada la etapa correspondiente al procesamiento de imágenes.

Tabla 4. Características de las imágenes satélites

	1991	2000	2001
Tipo de imagen	TM	TM	*ETM
Satélite	Lansat 5	Lansat 5	Lansat 7
Resolución espacial	30 Metros	30 Metros	30 Metros
Número de bandas	7	7	8
Fecha de la imagen	15 de Octubre	09 de Enero	3 de noviembre
Path Row	10-62	10-62	10-62

*ETM Enhanced Thematic Mapper

Fuente: Autores

3.3. Obtención del Índice de Vegetación (IV)

El índice de vegetación diferencia normalizada, IVDN o NDVI, es una variable que permite estimar el desarrollo de una vegetación en base a la medición, con sensores remotos, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja.

El índice diferencial normalizado se define como:

$$NDVI = (IRC - R) / (IRC + R)$$

Donde:

IRC= Infrarrojo cercano (banda 4 del sensor Landsat –TM)

R= (banda 3 del sensor Landsat TM).

Los valores de NDVI oscilan entre -1 y 1, el índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas. La interpretación del índice debe asimismo considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución espacial causados por otros factores.

- El agua tiene reflectancia $R > IRC$, por lo tanto se obtiene valores negativos de índice de vegetación.
- Las nubes presentan valores similares de R y IRC, por lo que su NDVI es cercano a 0.
- El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos aunque no muy elevados.
- La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de índice de vegetación.

Con esta investigación se busco establecer una relación entre los NDVI y la diversidad florística en las diferentes coberturas vegetales analizadas. Para esto se tomo como referencia las parcelas de vegetación muestreadas en la fase de campo y con la toma de puntos adicionales se establecieron parcelas mas grandes de 2 píxeles x 2 píxeles (1 píxel = 30 m x 30 m), en las cuales se obtuvieron los valores mínimos, máximos, la

media y la desviación estándar de los índices de vegetación por cada una de las parcelas.

3.4. Análisis Multitemporal

El análisis multitemporal en la interpretación de dos imágenes de diferentes fechas, para nuestro estudio se utilizó las imágenes de los años 1991 y 2001. Nos permitió detectar los cambios producidos en las categorías de vegetación estudiadas en esta tesis, se procedió a un cálculo que consiste en restar las dos imágenes dándonos como resultado una tercera imagen en la que se muestra los cambios que han tenido las diferentes coberturas vegetales durante este período de tiempo.

$$b = b_{t2} - b_{t1}$$

Donde: b_c = imagen obtenida

b_{t2} = imagen en la segunda fecha

b_{t1} = imagen en la primera fecha

3.5. Verificación y análisis de resultados

Para verificar los valores de NDVI en las parcelas muestreadas se llevó a cabo una nueva verificación en campo. Para ello se han seleccionado unas parcelas o áreas test distribuidas en la imagen, El trabajo de campo resulta aconsejable para la identificación de las coberturas vegetales y sirvió para determinar las diversidades vegetales y poder enlazar con los rangos del mapa de Índice de Vegetación. Esta nueva toma de datos nos permitió obtener el porcentaje de error en la primera clasificación, además obtener nuevos valores del índice de vegetación

con el fin de comprobar en cada parcela su diversidad y composición florística.

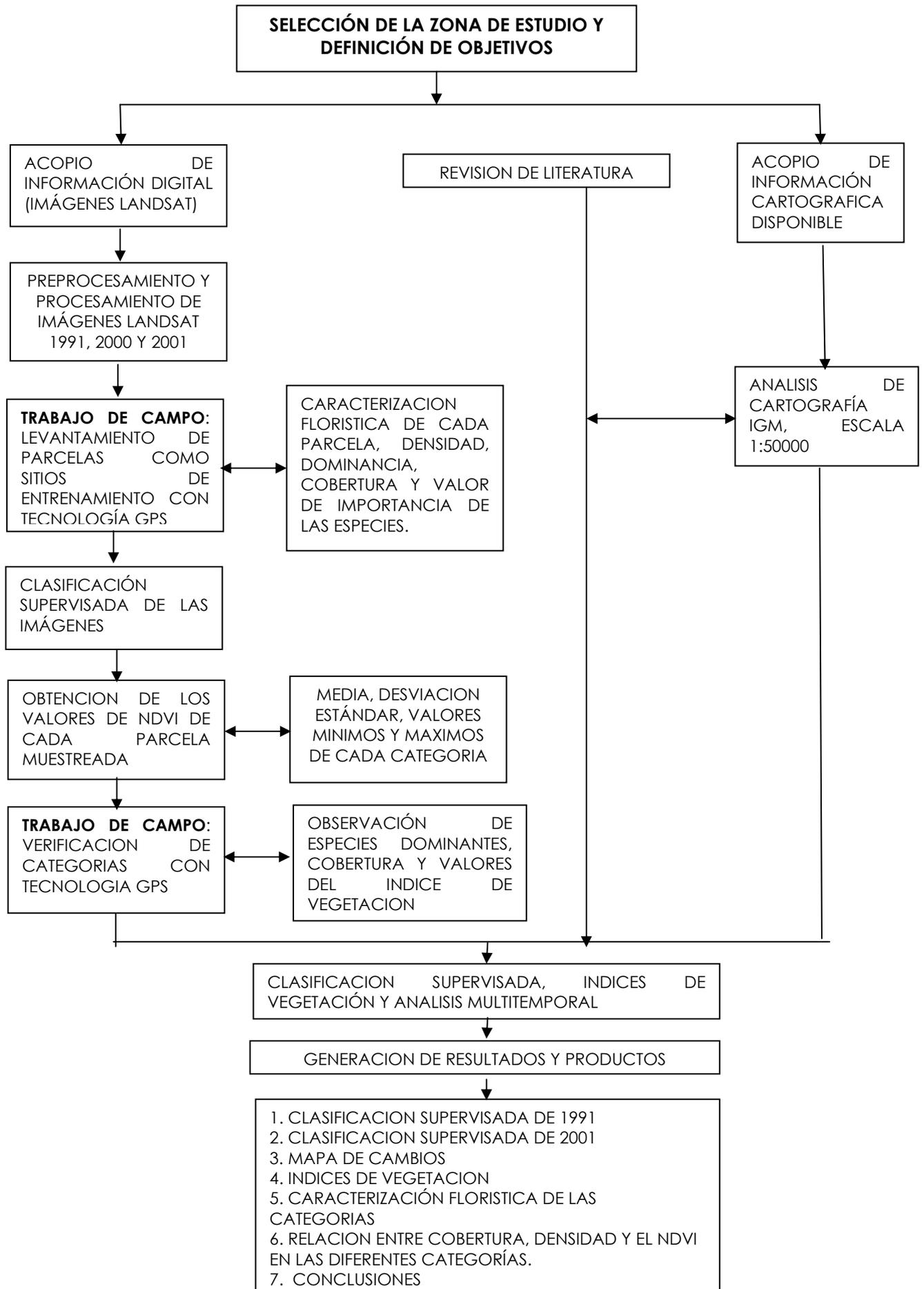


Figura 15. Secuencia Metodológica para Análisis Multitemporal, Obtención del Índice de vegetación de Imágenes en el PNC

Fuente: Autores

CAPITULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. Composición Florística y Estructura de poblaciones en bosque altoandino.

Esta categoría esta conformada por el bosque de Llaviuco, Canoas y Jerez, y Mazán, sin embargo, por su distribución espacial, las especies no son las mismas en las dos regiones, es por eso que se analizó individualmente. Se registraron individuos con un DAP \geq a 5 cm.

En el bosque de Llaviuco, en los 1200 m² correspondientes se encontró 157 individuos que corresponden a 14 familias, 15 géneros y 20 especies (Ver anexo 1). La densidad del bosque es de 4,3, Se encontraron 55 individuos con un DAP de \geq 5 cm; 47 individuos con un DAP \geq 20 cm; 37 corresponde a \geq 10 cm y 18 individuos tienen un DAP \geq 15 cm.

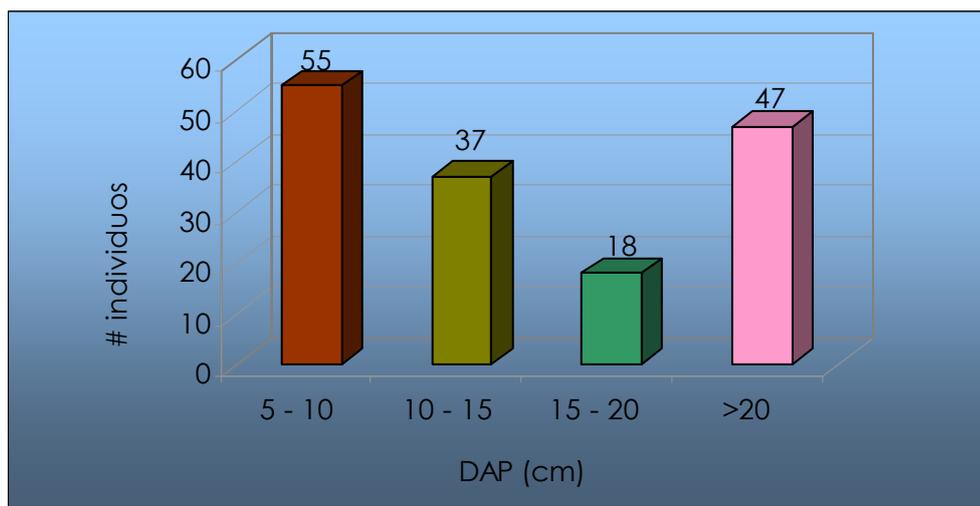


Figura 19. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque altoandino de Llaviuco

Fuente: Autores

Las familias con mayor número de individuos son: Chloranthaceae con 39 individuos, Caprifoliaceae con 27 individuos, Melastomataceae 25 individuos, Rubiaceae 12 individuos, Cunoniaceae 11 individuos, Podocarpaceae 9 individuos, Cornaceae con 8 individuos, Lauraceae con 7 individuos, Berberidaceae con 6 individuos, Myrsinaceae con 4, Piperaceae, Saxifragaceae con 3 individuos cada una, Solanaceae con 2 y Myrtaceae con 1 individuo; la dominancia de estas familias puede deberse a su amplia distribución dentro de estos bosques y a la fácil adaptación a los suelos de pendientes pronunciadas.

Las especies con el I.V.I. más alto en el bosque de Llaviucu son *Hedyosmum luteyani*, (guayusa) con 52,1; seguida por *Weinmannia fagaroides*, (sarar) con 22,2; *Viburnum triphyllum* (rañas) con 19,4; *Miconia bracteolata* con 18,5; *Palicourea heterochroma*, con 17,1; y *Ocotea heterochroma* (Jigua) con 13,4 y *Berberis conferta*, (Sushpilla) con 11,6.

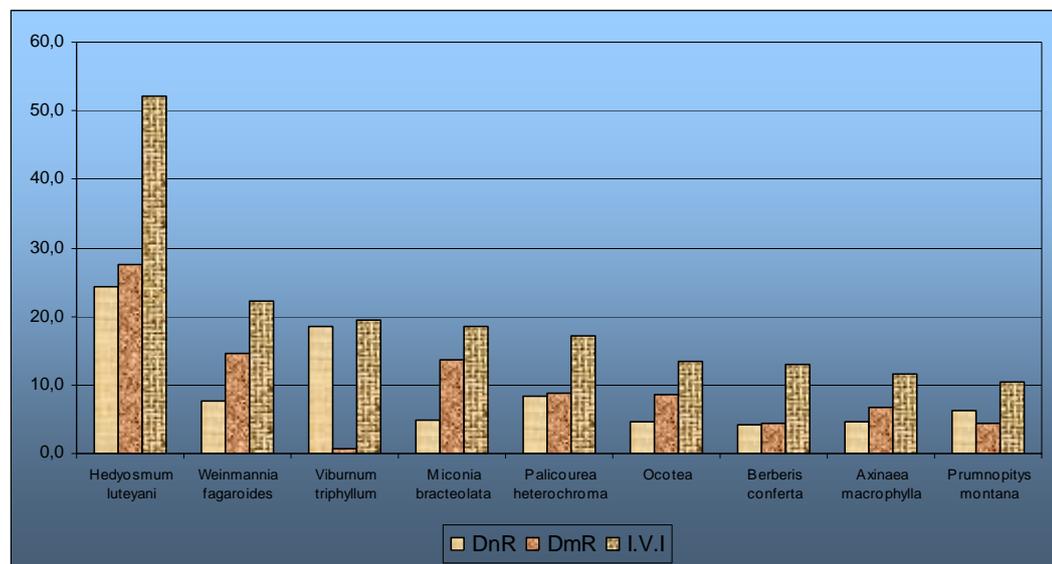


Figura 20. Valores de DnR, DmR e IVI del en el bosque altoandino de Llaviucu
Fuente: Autores

Como resultado en la cobertura, se obtuvo un total de 80.4%. Lo que indica que es un bosque cerrado, este parámetro es importante para la clasificación con la imagen satélite, al igual que influirá en el valor del índice de vegetación.

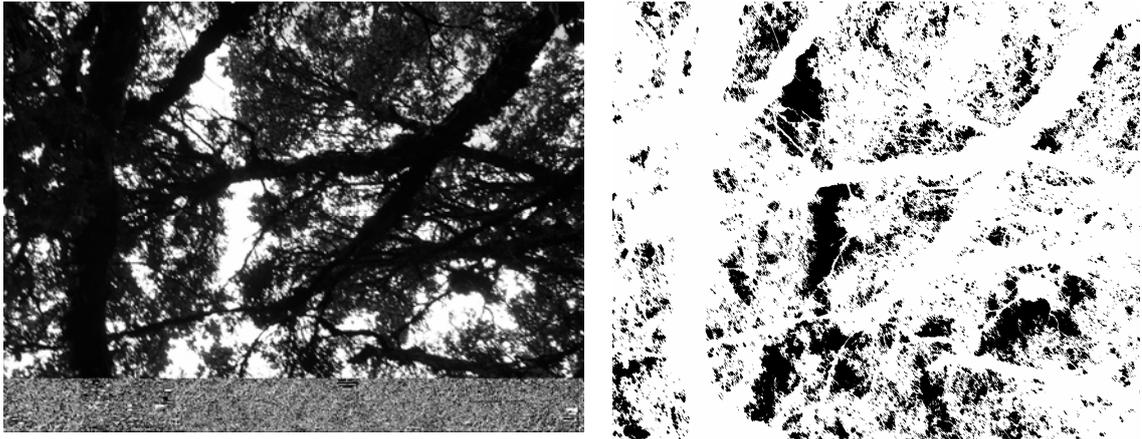


Figura 21. Fotografías para el análisis de la cobertura en Llaviucu
Fuente: Autores

En el bosque de Canoas y Jerez se encontraron 46 individuos que corresponden a 5 familias, 5 géneros y 5 especies (Ver anexo 2). La densidad del bosque es de 7,8. Se encontraron 5 individuos con un DAP de ≥ 5 cm; 8 individuos con un DAP ≥ 10 cm; 9 corresponde a ≥ 15 cm y 24 individuos tienen un DAP ≥ 20 cm.

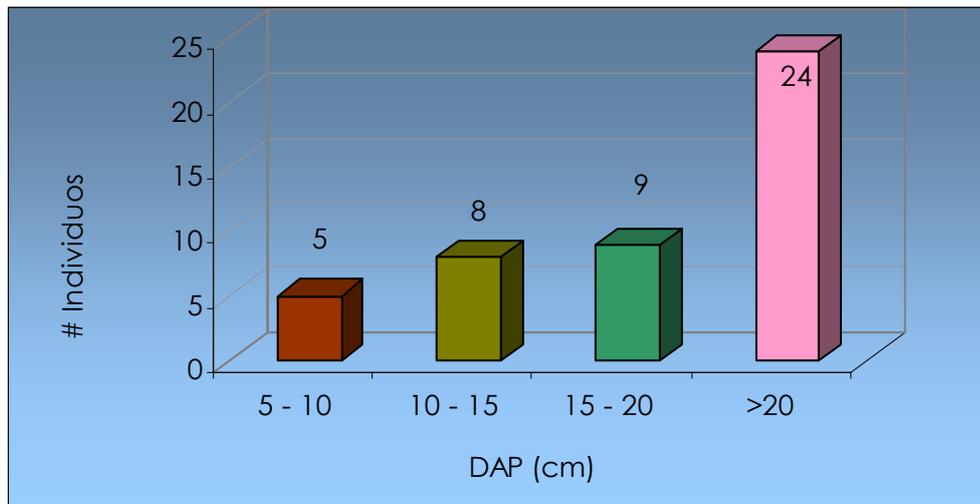


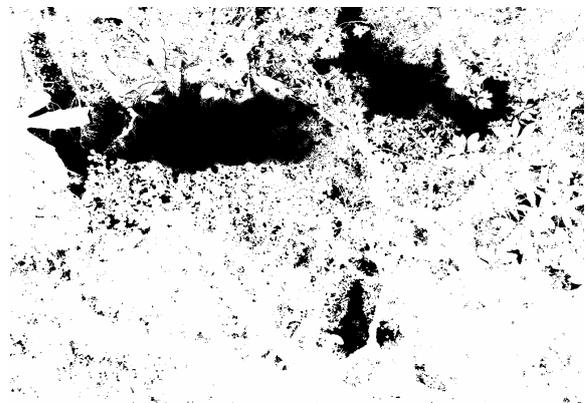
Figura 22. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque alfoandino de Canoas y Jerez

Fuente: Autores

Las especies con el I.V.I. más alto son *Clusia flaviflora* (Duco) con 159,6; seguida por *Oreopanax sp* con un 23,1; *Weinmannia fagaroides*, (sarar) con 15,0; *Saraubia sp* con 1,1 y *Solanum nutans* con 1,2.

Grado de Cobertura de Canoas y Jerez

El bosque de Canoas y Jerez dio como resultado un porcentaje de cobertura del 83,12%, ambas parcelas, de Llaviuco y Canoas corresponden a bosque maduros, característica similar entre éstas.



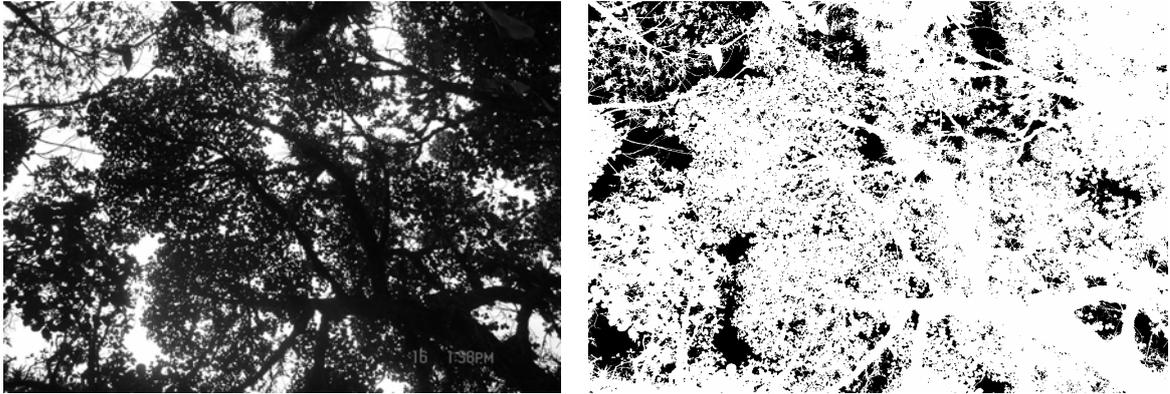


Figura 23. Fotografías para el análisis de la cobertura Canoas y Jerez
Fuente: Autores

Para el bosque de Mazan, Beltrán (2001), dice que las especies mas dominantes son *Prumnopitys montana* con 57,07%; *Hedyosmum cumbalense* con 11,72%; *Ocotea heterochroma* con 7,55%; *Weinmannia fagaroides* con 3,62% y *Crytoniopsis floribunda* con 2,64%

Según el índice de valor de importancia tenemos:

Tabla 5. Las especies con el IVI más alto en el bosque de Mazan

Especies	IVI
<i>Prumnopitys montana</i> (hum & Bonpl. ex Willd) de laub	60.38
<i>Hedyosmun cumbalesense</i> H Karst.	50.34
<i>Ocotea heterochroma</i> Mez & Sodiro	28.98
<i>Piper andreanum</i> C.DC.	22.40
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	21.87
<i>Crytoniopsis floribunda</i> (Kunth) H. Rob	17.27
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> Kunth Mc Vaugh	10.02
<i>Sympocos quitensis</i> Brand	8.32
<i>Prunus opaca</i> (Benth) walp	7.54
<i>Mconia bracteolata</i> (Bonpl) Dc.	7.00
Otras	65.40
Total	300

Fuente: Tomado de Beltrán, 2001



Figura 24: Interior del bosque (Llaviucu)
Fuente: Autores



Figura 25: Paisaje bosque de Llaviucu
Fuente: Autores



Figura 26: Bosque altoandino (Río Blanco)
Fuente: Autores



Figura 27: Vista panorámica del Bosque altoandino (Río Blanco)
Fuente: Autores

Tabla 6. Características Florísticas de las parcelas correspondientes a bosques altoandinos

Microcuenca	Sitio de Estudio	X	Y	Altitud	Tamaño parcela (m ²)	# individuos	D	Area Basal	spp Dominantes
Taitachugo (Llaviucu)	Llaviucu Bosque altoandino	706690	9686340	3240	1200	157	0,12	4,3	<i>Hedyosmum luteyani</i> (guayusa), <i>Weinmannia fagaroides</i> (sara), <i>Viburnum triphyllum</i> (rañas), <i>Miconia bracteolate</i> , <i>Palicourea heterochroma</i> , <i>Ocotea heterochroma</i> (Jigua), <i>Berberis conferta</i> (Shushpilla), <i>Axinaea macrophylla</i> (Yugyug), <i>Prumnopitys montana</i> (Trensa)
Canoas y Jerez	Río Blanco Bosque altoandino	677789	9684477	2644	1200	46	0,03	7,8	<i>Clusia flaviflora</i> (Duco), <i>Oreopanax</i> sp, <i>Weinmannia fagaroides</i> (Sara), <i>Sarubia</i> sp, <i>Solanum nutans</i> (Tulipa)
Mazán	Mazan Bosque altoandino				1ha	1388	0,14	35,3	<i>Prumnopitys montana</i> , <i>Hedyosmum cumbalense</i> , <i>Ocotea heterochroma</i> , <i>Weinmannia fagaroides</i> , <i>Crytoniopsis floribunda</i>

Fuente: Autores

4.2. Composición Florística y Estructura de poblaciones en bosque de quinuas

Esta categoría esta conformada por el bosque de Quinuas correspondientes a las microcuencas de Tomebamba, Soldados y Angas. Se registraron individuos con un DAP igual o superior a 2,5 cm.

El tamaño de las parcelas fue de 1200 m² cada una y se registraron un total 229 individuos que corresponden a 4 familias, 4 géneros y 5 especies. Las densidades son de 0.10 en Soldados, 0,05 en Angas y 0,06 en Tomebamba (Tabla 8).

Tabla 7. Registros Florísticos de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas

Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	Microcuencas (# individuos)		
					Soldados	Tomebamba	Angas
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>reticulata</i>	Hieron	Quinua	56	41	55
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>weberbaueri</i>	Pilg.	Quinua	16	-	-
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>cuicochensis</i>	Cuatrec		17	24	-
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>hirtella</i>	Kunth	Valeriana	6	7	-
Rosaceae	<i>Gynoxis</i>	<i>buxifolia</i>			7	-	-
Total general					102	72	55

Fuente: Autores

En cuanto a las clases diamétricas en registraron 13 individuos con un DAP de $\geq 2,5$ cm; 44 individuos con un DAP de ≥ 5 cm; 39 corresponden a ≥ 10 cm; 41 individuos tienen un DAP ≥ 15 cm y 74 individuos con un DAP ≥ 20 cm;

En la figura 28, podemos observar el porcentaje de distribución en las diferentes clases diamétricas en el bosque de la microcuenca de Soldados, en donde existe un 36% con un rango ≥ 10 cm, seguido con un 19% con individuos en un rango ≥ 15 cm, un 18% registran un DAP ≥ 20 cm y un 14% con un DAP $\geq 2,5$ cm y de los individuos mostrados registran un 13% con un DAP de ≥ 5 cm.

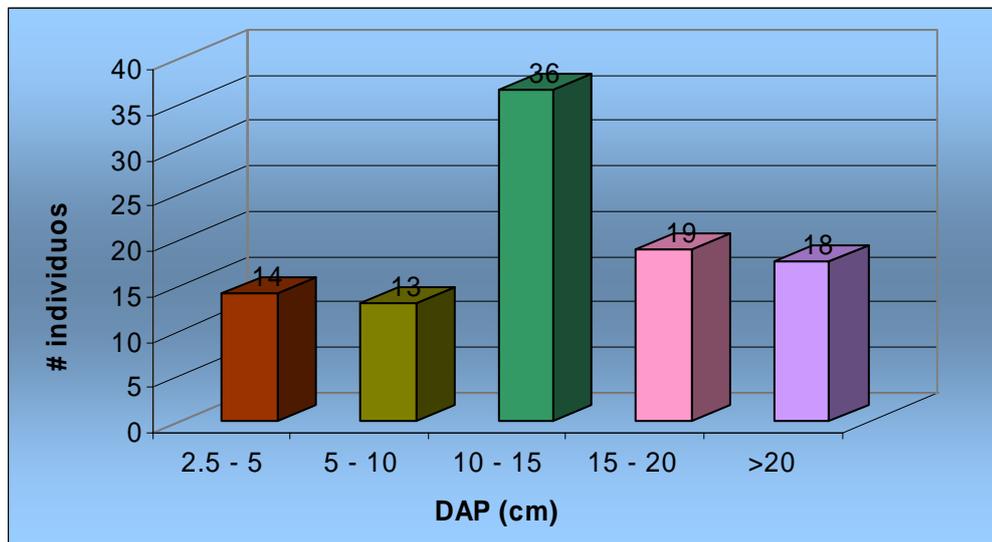


Figura 28. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Soldados
Fuente: Autores

En el bosque correspondiente a la microcuenca de Angas se registraron en su mayoría individuos con un DAP ≥ 20 cm (62%). Fig. 29

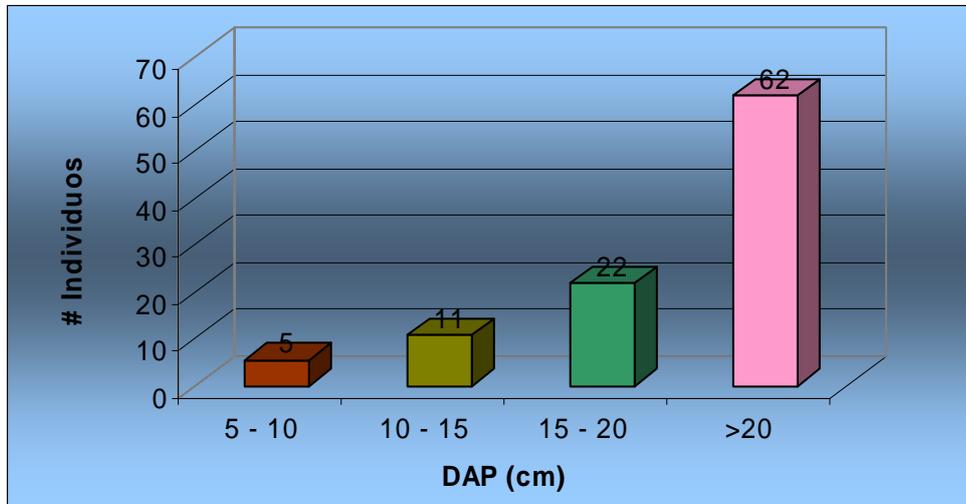


Figura 29. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Angas
Fuente: Autores

En el bosque de la microcuenca del Tomebamba hay una mayoría del 42% de individuos con un DAP ≥ 5 cm, seguido con un 35% con un DAP ≥ 20 cm (Fig. 27).

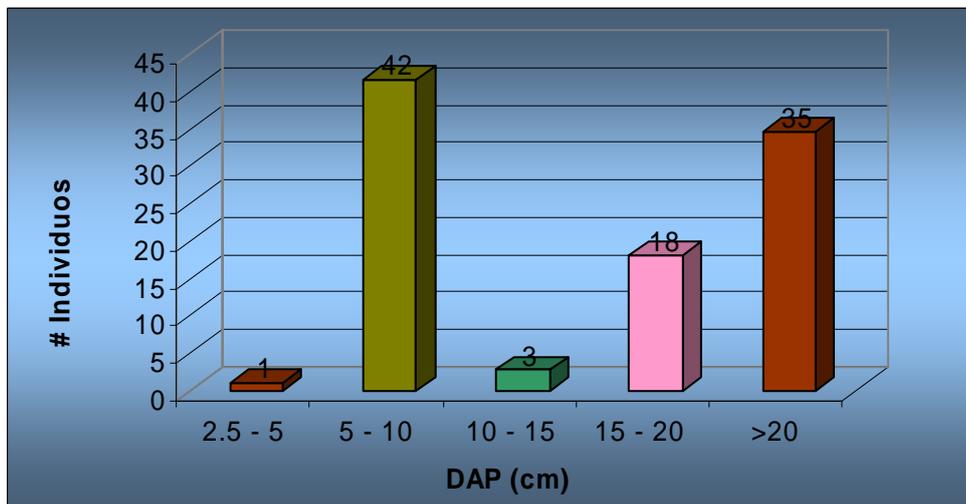


Figura 30. Distribución en clases diamétricas de los individuos en el bosque de quinuas en Tomebamba
Fuente: Autores

La especie dominante en estos bosques es *Polylepis reticulata* Hieron conocida como Quinua o árbol de papel que se encuentra acompañada por *Gynoxys cuicochensis* Cuatrec y en menor número por

Valeriana hirtella Kunth (Valeriana), (Ver anexo 4).

En el bosque de Angas los individuos que superaban un DAP superior a 2,5 pertenecen mayoritariamente a la especie de Quinuas.

Tabla 8. Resumen de los registros Florísticos de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas

Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	Area Basal	DnR	DmR	I.V.I
Microcuencia Soldados								
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>reticulata</i>	Hieron	Quinua	1,1	54,9	76,6	131,5
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>weberbaueri</i>	Pilg.	Quinua	0,3	15,7	22,3	38,0
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>cuicochensis</i>	Cuatrec		0,5	16,7	1,1	17,7
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>hirtella</i>	Kunth	Valeriana	0,001	5,9	0,1	5,9
Rosaceae	<i>Gynoxis</i>	<i>buxifolia</i>			1,2	6,9	0,0	6,9
Microcuencia Angas								
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>reticulata</i>	Hieron	Quinua	1.8	100	100	200
Microcuencia Tomebamba								
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>cuicochensis</i>			0,1	33,3	3,1	36,5
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>reticulata</i>	Hieron	Quinua	2,1	56,9	95,7	152,6
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>hirtella</i>	Kunth	Valeriana	0,0	9,7	1,2	10,9

Fuente: Autores

Como resultado en la cobertura, se obtuvo un total de 79,28% en Tomebamba, 71,50% en Soldados y un 81,3 % en Angas, indicándonos que son bosques cerrados.

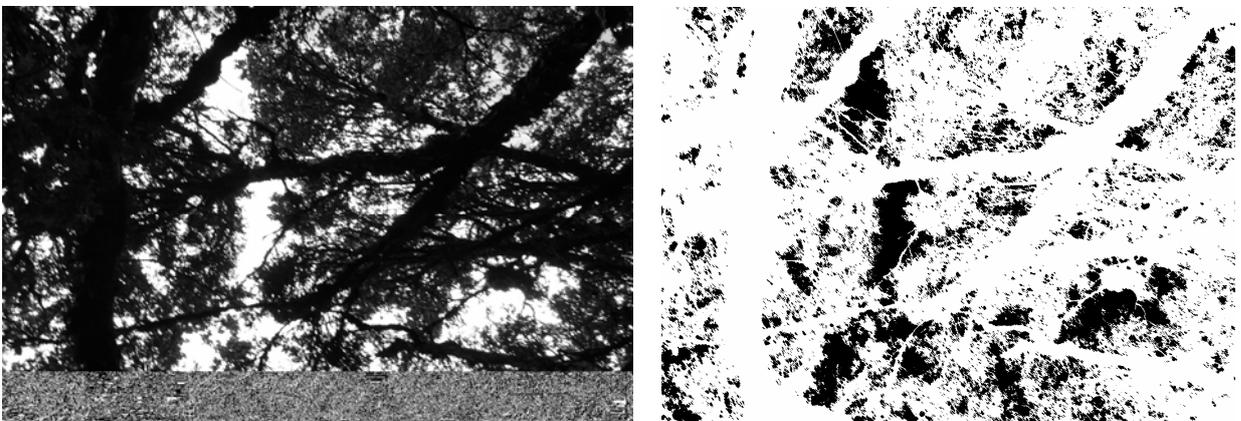


Figura 31. Fotografías para el análisis de la cobertura en el bosque de quinuas en Patoquinuas (Tomebamba).

Fuente: Autores



Figura 32: *Gynoxys cuicochensis*
(Patoquinuas)

Fuente: Autores



Figura 33: Bosque de Quinuas (Angas)

Fuente: Autores



Figura 34: *Polylepis reticulata* (Soldados)

Fuente: Autores



Figura 35: Bosque de Quinuas (Angas)

Fuente: Autores

Tabla 9. Características Florísticas de las parcelas correspondientes a bosques de quinuas

Microcuenca	Sitio de Estudio	X	Y	Altitud	# individuos	Área Basal	spp Dominantes
Soldados	Bosque Quinuas	694722	9681892	3700	102	3,18	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron (Quinua); <i>Polylepis weberbaueri</i> Pilg. (Quinua); <i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.; <i>Valeriana hirtella</i> Kunth (Valeriana); <i>Gynoxys buxifolia</i>
Angas	Bosque Quinuas	689278	9682383	3922	55	1,78	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron (Quinua)
Tome bamba	Bosque Quinuas	699664	9692965	3840	72	2,18	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron (Quinua); <i>Gynoxys sp1</i> ; <i>Valeriana hirtella</i> , Kunth (Valeriana)

Fuente: Autores

4.3. Composición Florística y Estructura de poblaciones en páramo de pajonal

Esta categoría se muestrearon parcelas ubicadas en las microcuencas de Soldados, Tomebamba, Llaviucu y Angas. Las especies que predominan son: *Calamagrostis intermedia*, especie característica del páramo de pajonal, *Paspalum bonplandianum*, *Baccharis genistelloides*, *Rumex acetosella* y *Lupinus* sp, especies con mayor abundancia.

En la tabla 10 podemos observar las cinco especies que registran un mayor porcentaje de abundancia y el número de individuos que fueron encontrados en cada una de las microcuencas.

Tabla 10. Resumen de las características de las cinco especies más abundantes en páramo de pajonal

Microcuenca	Familia	Genero	Especie	# individuos	Abundancia %	Cobertura %
Angas	Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	779	36,5	62,3
	Ericaceae	<i>Vaccinum</i>	<i>floribundum</i>	90	4,2	1,3
	Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	78	3,7	2,0
	Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	73	3,4	2,3
	Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	71	3,3	6,3
Soldados	Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	492	20,8	61,00
	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	409	17,3	15,50
	Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	148	6,2	0,83
	Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	112	4,7	1,00
	Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	112	4,7	0,75
	Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>serpyllifolia</i>	110	4,6	0,81
Tomebamba	Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	699	28,4	57,0
	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	223	9,1	1,6
	Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	131	5,3	0,8
	Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>lutea</i>	78	3,2	3,8
	Asteraceae	<i>Werneria</i>	<i>nubigena</i>	76	3,1	7,9
Llaviucu	Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	492	20,6	58,00
	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	392	16,4	17,50
	Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	148	6,2	0,83
	Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	112	4,7	1,25
	Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	112	4,7	0,50

Fuente: Autores



Figura 36: Sitio de muestreo (Llaviuco)
Fuente: Autores



Figura 37: Paisaje de páramo (Río Blanco)
Fuente: Autores



Figura 38: Páramo de pajonal (Angas)
Fuente: Autores



Figura 39: Páramo de pajonal (Lag. Barros)
Fuente: Autores

4.4. Composición Florística y Estructura de poblaciones en páramo de almohadillas

Esta categoría se muestrearon parcelas ubicadas en las microcuencas de Soldados, Tomebamba, Migüir y Angas. La especies que predominan son *Plantago rigida*; *Eryngium humille*; *Valeriana rigida*; especies que forman las almohadillas. También es común encontrar *Halenia weddeliana*, y especies pertenecientes a la familia Gentianaceae.

En la tabla 11 podemos observar el porcentaje de abundancia de las especies que predominan esta comunidad vegetal que fueron registrados en cada una de las microcuencas.

Tabla 11. Resumen de las características de las cinco especies más abundantes en páramo de almohadillas

Micro cuenca	Familia	Genero	Especie	# individuos	Abundancia %	Cobertura %
Angas	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	754	20,3	26,8
	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	753	20,2	31,0
	Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	690	18,5	31,5
	Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>weddeliana</i>	165	4,4	0,9
	Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	142	3,8	2,6
Soldados	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	270	21,1	19,0
	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	109	8,5	14,4
	Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	69	5,4	8,4
	Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	52	4,1	7,1
	Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>serpyllifolia</i>	56	4,4	5,5
Tomebamba	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	417	15,3	17,3
	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	360	13,2	15,0
	Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	206	7,6	11,3
	Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>sp</i>	188	6,9	1,0
	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>linearis</i>	168	6,2	7,2
Migüir	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	508	35,8	19,5
	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	402	15,4	19,5
	Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	158	6,0	3,9
	Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>cerastioides</i>	117	4,5	2,9
	Rosaceae	<i>Lachemilla</i>	<i>hispidula</i>	100	3,8	3,1

Fuente: Autores



Figura 40: *Valeriana rigida* (Angas)
Fuente: Autores



Figura 41: *Genciana sedifolia* (Miguir)
Fuente: Autores



Figura 42: *Gentianella hirculis*
(Tomebamba)
Fuente: Autores



Figura 43: *Gentianella rapunculoides*
(Miguir)
Fuente: Autores



Figura 44: Páramo de almohadillas
(Tomebamba)
Fuente: Autores



Figura 45: *Valeriana rigida* (Angas)
Fuente: Autores

4.5. Obtención de mapa de cobertura vegetal mediante imágenes satélites

Antes de iniciar la clasificación se definió la leyenda temática (*Ver Capítulo III*), la clasificación de las imágenes de satélite se llevó a cabo utilizando el método supervisado, en donde las zonas de entrenamiento fueron los cuadrantes que sirvieron para el análisis de la composición florística. Para la obtención de las estadísticas por el método supervisado se utilizaron un total de 7 categorías en cada imagen. La fórmula de divergencia transformada sirvió como indicador de separabilidad en todas las clasificaciones y el algoritmo de Máxima verosimilitud (maxlike), como método de reconocimiento de patrones espectrales.

4.5.1. Análisis de las estadísticas de entrenamiento

Antes de abordar el proceso de clasificación propiamente dicho, conviene analizar sobre la discriminabilidad de las categorías seleccionadas. En otras palabras, es preciso evaluar la viabilidad de que esas categorías puedan clasificarse sin grave riesgo de error. Si se comprueba que dos o más son muy similares habría una gran probabilidad de confusión entre ellas, para evitar esto, es necesario confirmar que las estadísticas de entrenamiento han sido correctamente seleccionadas.

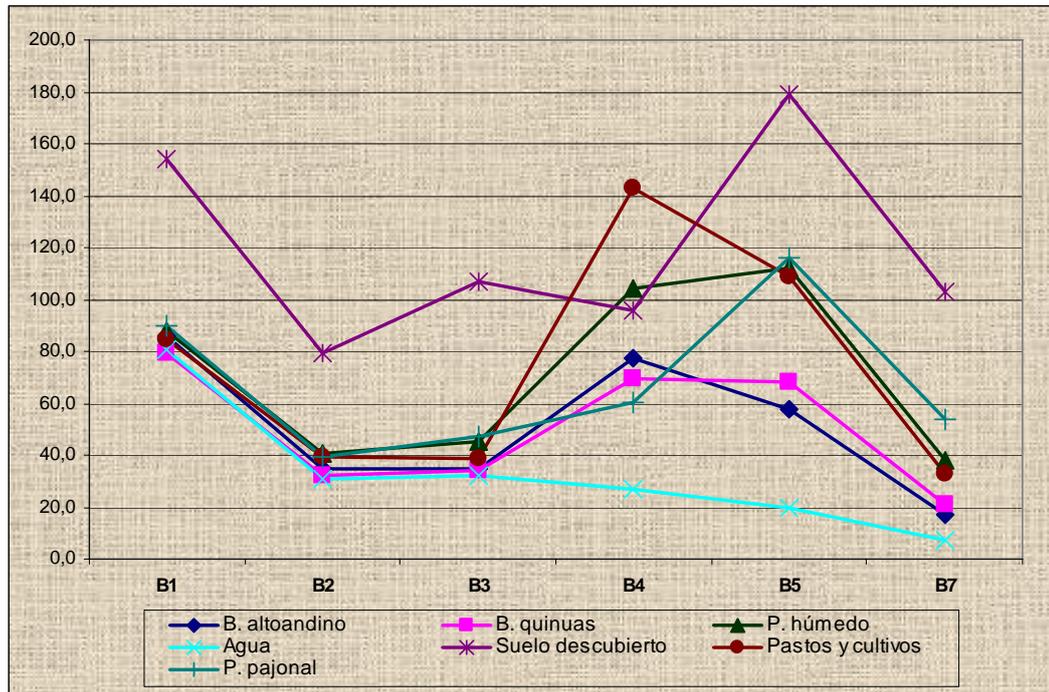


Figura 46. Diagrama de firmas espectrales de la imagen 2001 para las categorías que intervienen en la clasificación

La figura 43, resulta muy útil para proporcionar la valoración de las tendencias espectrales por cada categoría. Identifica, además aquellas bandas en las se manifiesta un comportamiento peculiar respecto a clases vecinas. Las líneas paralelas y próximas indican un probable solape entre categorías, mientras que las intersecciones entre líneas manifiestan las bandas donde es más probable separar a las categorías que representa.

Se puede observar una primera valoración de los rangos espectrales de cada tipo de cobertura. El agua ofrece el comportamiento más peculiar. Con valores inferiores según avanza hacia el infrarrojo medio, los pastos y cultivos ofrecen una clara diversidad al ser grande su contraste en las bandas 4, 3 y 5, pero existe un solape con la clase de páramo húmedo en la banda 5. Los suelos descubiertos presentan un nivel digital (ND) alto en todas las bandas, siendo mas prominente en la 5, mientras los bosques altoandino y de quinuas muestran un solape entre si.

En la banda 5 se nota un solapamiento entre el páramo húmedo, pajonal y pastos y cultivos.

4.5.2. Fase de Asignación

En esta etapa se trata de tipificar cada uno de los píxeles de la imagen a una de las clases previamente seleccionadas. Esta asignación se realiza en función de los ND de cada píxel, para cada una de las bandas que intervienen en el proceso. El resultado que se obtiene de esta fase es una nueva imagen cuyos ND expresan las categoría temática a la que se ha asignado cada uno de los píxeles de la imagen original.

Tabla 12. Categoría de separabilidad según rango de valores

Orden	Intervalo de valores de separabilidad	Categoría
0	$X = 0$	Nula
1	$0 < X \leq 0,5$	Baja
2	$0,5 < X \leq 0,89$	Media
3	$0,89 < X \leq 1,9$	Alta
4	$X > 2$	Muy alta

Fuente: Chuvieco, 2002

En la tabla anterior se indica los valores con los que podemos categorizar las diferentes coberturas y usos del suelo, para este efecto se uso un valor de 2 como óptimo, es decir, en donde no existe un solape entre las diferentes categorías de cobertura vegetal.

Tabla 13. Divergencia transformada entre las categorías de la imagen 1991

CATEGORIAS	Cuerpos de Agua	Bosque Quinuas	Bosque Altoandino	Páramo de pajonal	Páramo húmedo	Suelo descubierto	Pastos
Cuerpos de agua	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Bosques Quinuas		0.00	0.84	1.92	1.97	2.00	1.94
Bosque Altoandino			0.00	1.85	1.89	2.00	1.94
Páramos de Pajonal				0.00	1.97	1.94	1.81
Páramos húmedo					0.00	2.00	1.70
Suelo descubierto						0.00	2.00
Pastos							0.00

Fuente: Autores

En la tablas 13 y 14 se muestra la separabilidad para las imágenes de los años 1991 y 2001, podemos notar que existe una distinción media entre las categorías de bosque de quinuas y bosque altoandino,

Tabla 14. Divergencia transformada entre las categorías de la imagen 2001

CATEGORIAS	Cuerpos de Agua	Bosque Quinuas	Bosque Altoandino	Páramo de pajonal	Páramo húmedo	Suelo descubierto	Pastos
Cuerpos de agua	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Bosques Quinuas		0.0	0.8	1.7	1.4	1.9	1.6
Bosque Altoandino			0.0	1.8	1.1	1.9	1.4
Páramos de Pajonal				0.0	1.5	1.4	1.4
Páramos húmedo					0.0	1.8	1.2
Suelo descubierto						0.0	1.7
Pastos							0.0

Fuente: Autores

Para la evaluación de la precisión de las clasificaciones se generaron campos de prueba (polígonos) representando cada una de las categorías de los tipos de vegetación presentes en el área de estudio. Los campos de prueba se generaron a partir de los puntos de verificación (tipos de vegetación conocidos), con el objeto de que la evaluación de las clasificaciones fuera lo más confiable posible.

Una vez que el ordenador culminó la asignación de los píxeles de la imagen es posible establecer unos umbrales de probabilidad para cada categoría, de tal forma que se rechacen los píxeles con una probabilidad de pertenencia muy baja. Para nuestro estudio el criterio de máxima probabilidad permitió generar una clasificación bastante aceptable. Las principales confusiones se observaron entre las categorías de páramo

húmedo y pastizales; y también entre bosque altoandino y quinuas por los que fue necesario unificarlas como una sola categoría: bosque.

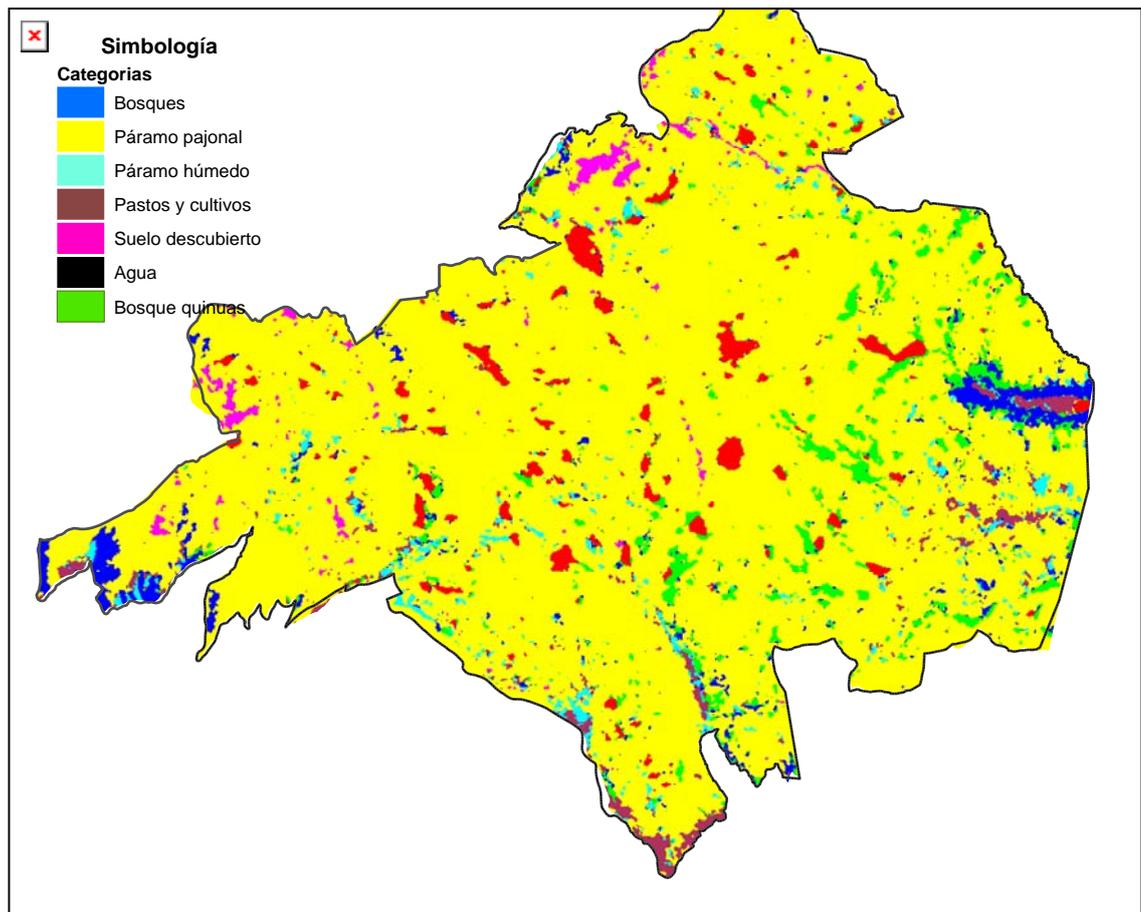


Figura 47. Clasificación de la imagen 2001 con el método supervisado y fase de asignación máxima probabilidad (maxlike), aplicado un suavizado de 3 x 3
Fuente: Autores

4.5.3. Matriz de Confusión

Para verificar las clasificaciones y cuantificar el nivel de exactitud de cada uno de los mapas se ha optado por crear una imagen denominada "verdad-terreno" que representa una muestra de la superficie total del parque de la que se conoce la cubierta o uso

verdadero. Para ello se seleccionó unas parcelas o áreas test distribuidas en la imagen, siguiendo un muestreo sistemático no alineado, a las que se les asignó el verdadero uso del suelo.

Las parcelas de verificación han sido 12 (con un tamaño de 2 x 2 píxeles, esto es aproximadamente 43200m²). En la tabla 8 se muestra el número de parcelas de verdad-terreno digitalizadas por categorías y el tamaño medio de éstas. La comparación verdad-terreno/imagen clasificada se ha realizado mediante el cálculo automático de la matriz de confusión.

Tabla 15. Ubicación y tamaño de las parcelas de verificación

CATEGORIA	TAMAÑO (m)	AREA (m ²)	# REPETICIONES	TOTAL AREA	MICROCUENCAS
Bosque Altoandino	30 x 40	1200	2	2400	Taitachugo (Llaviucu), Canoas, Jerez y Mazán
Bosque Quinuas	30 x 40	1200	3	3600	Tomebamba, Angas y Soldados
Páramo de pajonal	8 x 8	64	4	256	Soldados , Angas, Tomebamba, Taitachugo (Llaviucu)
Páramo de almohadillas	8 x 8	64	3	192	Soldados, Migüir y Angas

Fuente: Autores

En la diagonal de esta matriz numérica aparece el número de puntos de verificación coincidentes entre la imagen clasificada y la verdad-terreno, el resto suponen fallos de asignación por omisión o por comisión (Story y Congalton, 1986). Estos valores se expresan en unas tablas que muestran las matrices de confusión con todos los datos. Además se puede utilizar el índice Kappa (Cohen, 1960). En la siguiente tabla se resume las omisiones, el error global y el índice Kappa para cada una de las clasificaciones y en cada categoría.

Tabla 16. Matriz de Confusión obtenida para la clasificación supervisada de la imagen Landsat 2001

		Datos de Referencia							
	Tipo de cobertura	1	2	3	4	5	6	TOTAL	E.O. (%)
Datos de la Clasificación	1	231640	6516	3936	7353	0	927	250373	12.34
	2	4112	3189	317	154	0	596	8370	77.10
	3	14208	1910	9849	1342	0	239	27551	36.74
	4	9250	138	1131	9924	0	38	20485	47.72
	5	0	0	0	0	9455	0	9460	0
	6	6381	2175	337	209	0	1595	10703	53.02
TOTAL		265591	13928	15570	18982	9455	3395	326921	
E.C. (%)		7.21	61.89	64.25	51.55	0	85.09		

Los números 1 al 5 hacen referencia a las categorías de nuestro estudio: 1 Páramo Pajonal; 2 Páramo húmedo; 3 Bosques; 4 Suelo descubierto 5 agua y 6 Pastos y cultivos. E.O. E. C. son los errores de omisión y comisión.

Fuente: Autores

Esta matriz recoge los conflictos entre categorías. En la matriz de confusión las filas ocupan las clases de referencia, y las columnas por las categorías deducidas de la clasificación, ambas tienen el mismo número y significado.

En el caso de las filas, los marginales indican el número de píxeles que, perteneciendo a determinada categoría, no fueron incluidas en ella, estos son los errores de omisión. Las columnas expresan los errores de comisión esto es, píxeles que se incluyeron en una determinada categoría perteneciendo realmente a otra.

Los errores de omisión se refieren a una definición imperfecta de la categoría. Los de comisión en cambio, a una delimitación excesivamente amplia. Según los valores de nuestra matriz existe un problema con la categoría de pastos y cultivos que tienen los valores más

altas en la comisión; mientras que páramo húmedo lo tiene en los valores de omisión.

Para comprobar como esta el resultado de la matriz de confusión hemos utilizado el análisis estadístico Kappa (κ), que mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad observado y el generado en primera instancia.

En nuestro estudio la matriz de confusión que se ha venido analizando el valor de κ es de 0.62, lo que nos indica que la clasificación es un 62% mejor que la esperada. El valor de κ iguala a 1 indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa. Mientras que un valor cercano a 0 indica que el acuerdo observado es puro azar. El porcentaje de fiabilidad de la clasificación es del 83.26%, esto quiere decir que 8 de cada 10 superficies con esta cubierta fueron discriminadas adecuadamente en la clasificación

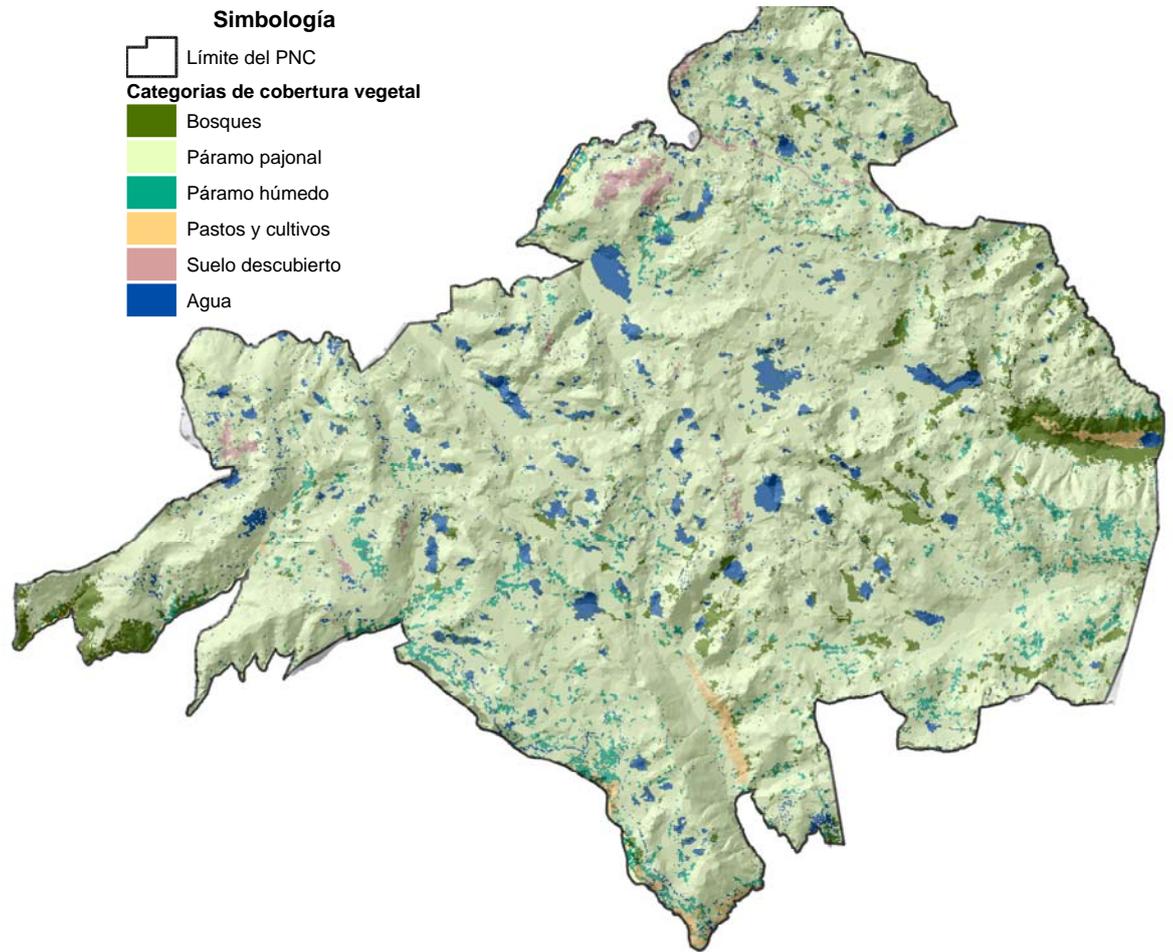


Figura 48. Imagen Clasificada
Fuente: Autores

4.6. Análisis Multitemporal

Para la generación de la imagen multitemporal se partió de las imágenes clasificadas del año 1991 y 2001, se empleó la misma leyenda temática para cada categoría, con el fin de poder ser comparadas posteriormente. Se construyó una tabla cruzada con las clases presentes en cada fecha. La diagonal nos indica las áreas estables, el resto de las celdas las áreas dinámicas, es decir, las transiciones que se han

producido. No solo observamos las zonas estables y dinámicas sino su cobertura original (1991) y cual la final (2001), lo que nos indica la tendencia de cambios en las coberturas del parque.

Para este análisis fue necesario unir las categorías correspondientes a bosque altoandino y bosque de quinuas, ya sus valores espectrales son muy similares y de esta manera evitar errores en la clasificación de la imagen resultante.

Tabla 17. Resultados del análisis multitemporal

CATEGORIAS	Imagen 91			Imagen 2001		
	No píxeles	ha	%	No píxeles	ha	%
Bosques	17548	1579	5.4	21725	1955	6.7
Cuerpos de agua	9455	851	2.9	9060	815	2.8
Páramo húmedo	5511	496	1.7	6477	583	2.0
Pastos	5640	508	1.7	3361	302	1.0
Páramo de pajonal	286700	25803	87.8	287144	25843	87.9
Suelo descubierto	3780	340	1.2	3088	278	0.9

Fuente: Autores

En este sentido se aplicó un análisis estadístico para medir el grado de cambio entre las dos fechas, a partir de calcular su grado de asociación. Así, se utilizó el índice Kappa, bastante utilizado en verificación de imágenes (Congalton, 1991), éste índice permite calcular el grado de acuerdo entre filas y columnas de una matriz cuadrada; en este caso este índice, indicará una mayor estabilidad en las categorías presentes en la imagen.

4.6.1. Secuencia de cambios producidos en la vegetación boscosa

Según los resultados del cálculo del análisis en la cobertura boscosa del PNC, se llegó a establecer los cambios producidos en la vegetación siendo el hecho más importante la fragmentación en algunas zonas, con esta fragmentación van perdiéndose con los años importantes áreas boscosas nativas y corredores biológicos para el intercambio de especies.



Figura 49: Cambio de uso del suelo. Quema de chaparro. Sector Río Blanco
Fuente: Autores

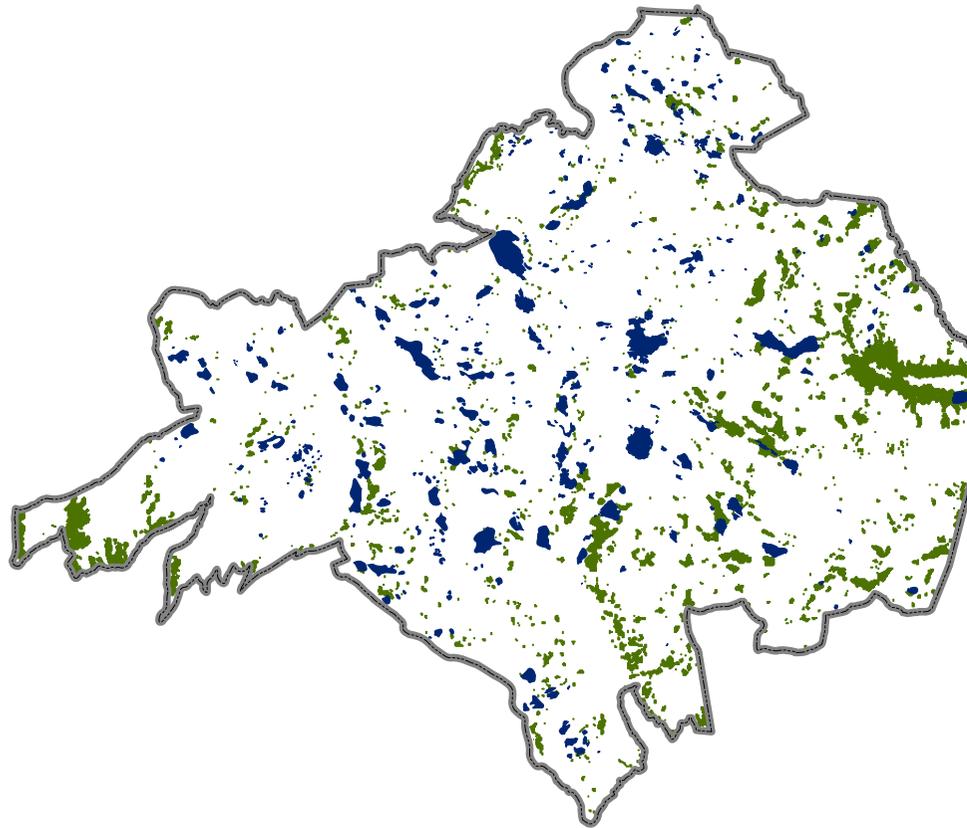
Se encontraron que en la cobertura de bosque se aprecia un aumento en su área, siendo muy notorio un crecimiento del bosque en la zona de la microcuenca de Canoas y Jerez, en donde en la imagen del año 1991 se observa que en este sector se encontraban pastizales. Este incremento en la cobertura de bosques es de unas 47 ha, que representan 1.5% aproximadamente del total de la superficie del parque.

También es importante recalcar que los bosques en la zona central del parque que corresponden en su mayoría a bosques de quinuas, no se aprecia un crecimiento en su cobertura, sino más bien un cambio fenológico, es decir, una maduración vegetal.

De igual manera se puede observar una disminución en los cuerpos de agua, pues los píxeles que bordean las lagunas presentan un cambio en sus valores.

En las categorías de páramo húmedo y pajonal se aprecia un incremento en su superficie, esto podría deberse a los factores climáticos de la fecha de las imágenes en las que fueron tomadas, pues coincide con la época lluviosa de la zona.

Vegetación boscosa en e la imagen 1991



Vegetación boscosa en e la imagen 2001

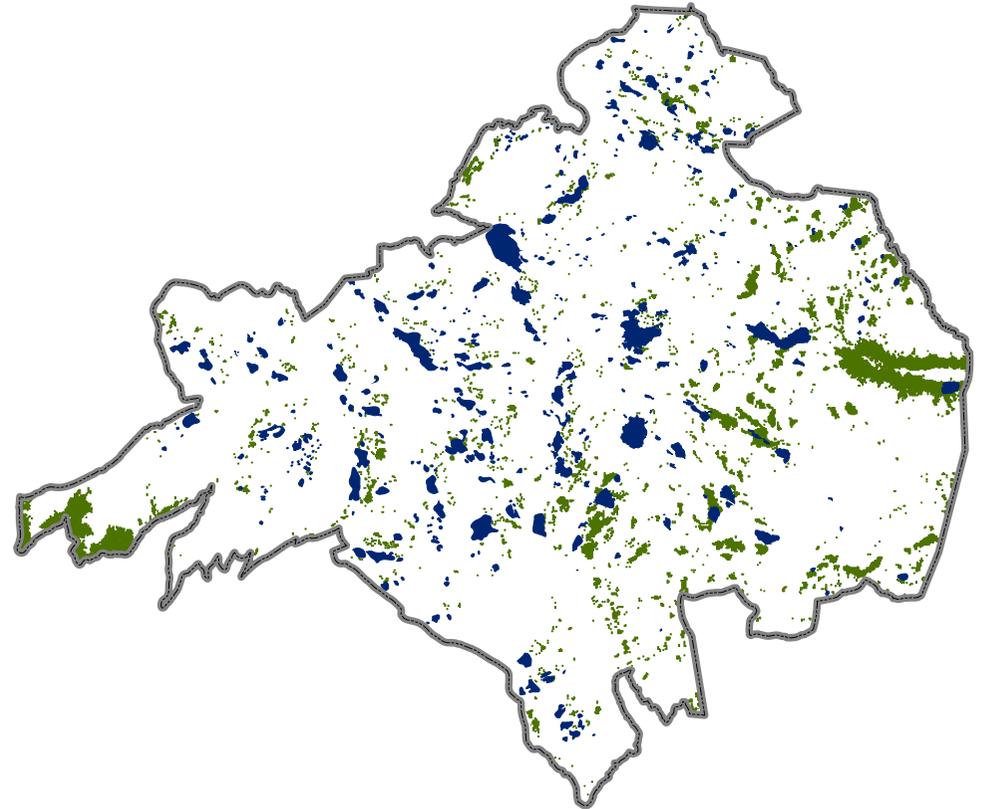


Figura 50. Secuencia de cambios producidos en la vegetación boscosa del PNC
Fuente: Autores

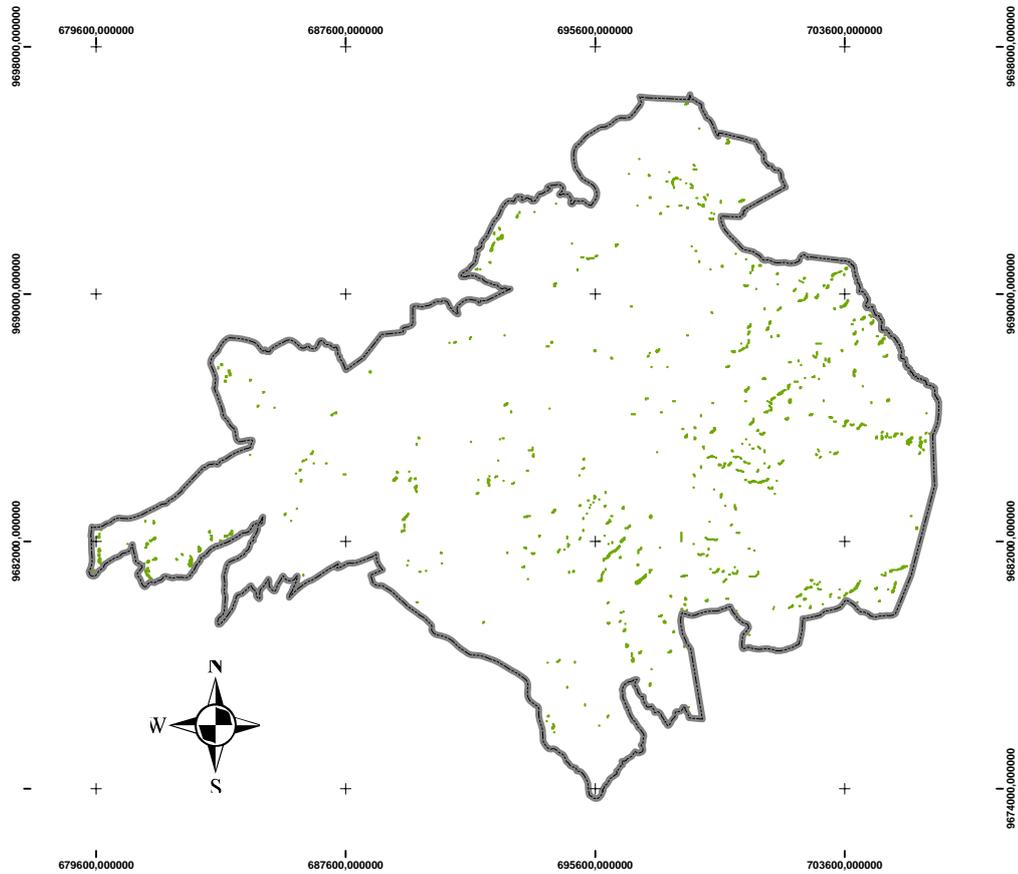


Figura 51. Polígonos donde se observa un cambio en la cubierta boscosa del PNC.
Fuente: Autores

4.7. Índices de Vegetación (NDVI)

4.7.1. Selección de Parcelas

Una vez establecidas las diferentes categorías de las coberturas vegetales en el área de estudio, se establecieron los cuadrantes que fueron muestreados en campo y de los cuales se extrajeron los valores de

NDVI, estos cuadrantes fueron los mismos que se usaron como sitios de entrenamiento para la clasificación de las imágenes.

4.7.2. Determinación de Índices de Vegetación (NDVI)

Con el apoyo del SIG Envi 4.0, y como paso previo para el análisis, se utilizó la banda roja (3) e infrarroja cercana del espectro (4), se determinaron los índices de vegetación de los cuadrantes muestreados; este procedimiento se aplicó a cada una de las imágenes de los diferentes años.

Los valores de NDVI, obtenidos en cada una de los cuadrantes muestreados, corresponden al rango promedio de reflectancias \pm la desviación estándar; así como a los límites de reflectancia superior e inferior del conjunto de observaciones (píxeles) involucrados en cada una de las parcelas.

Tabla 18. Valores de Índices de Vegetación de las diferentes coberturas de vegetación

Cobertura	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
Bosque atoandino	20	0,33	0,48	0,41	0,05	0,44	0,78	0,62	0,13	0,39	0,64	0,50	0,06
Bosque de Quinuas	12	0,25	0,32	0,28	0,02	0,21	0,55	0,37	0,08	0,36	0,55	0,46	0,06
Paramo de Pajonal	94	-0,07	0,28	0,14	0,04	-0,23	0,08	-0,08	0,10	-0,21	0,13	-0,04	0,08
Paramo de Almohadillas	60	0,26	0,46	0,37	0,05	0,23	0,45	0,37	0,06	0,23	0,52	0,37	0,06
Pastos y Cultivos	20	0,34	0,60	0,49	0,08	0,25	0,57	0,44	0,09	0,12	0,57	0,39	0,10
Suelo descubierto	40	-0,11	0,07	-0,05	0,04	-0,38	-0,10	-0,22	0,09	-0,42	-0,17	-0,32	0,06
Agua	120	-1	-1	-1	0	-1	-0,90	-0,98	-1	-1	-1	-1	0

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.

Fuente: Autores

En la tabla anterior podemos apreciar que este parámetro manifiesta su valor máximo en las cobertura de bosque altoandino y pasto sy cultivos,

estos valores disminuyen en las coberturas de pajona, suelo descubierto y agua. Se puede observar que los valores en la imagen del 2000 son los más bajos, esto puede deberse a que el sensor captó estas imágenes en enero, cuando disminuye la precipitación en la zona. Soria *et al.* (1998) indican que el NDVI está acotado entre ± 1 , con un umbral crítico para cubiertas vegetales en torno a 0,2, y cuando se obtienen valores menores que 0, implica que la reflectancia del rojo es mayor que la del infrarrojo cercano; generalmente, esto ocurre en presencia de cuerpos de agua o de nubosidad.



Figura 52. Mapa de índice de vegetación de las imágenes 1991 y 2001
Fuente: Autores

4.8. Comparación de los valores del NDVI y composición florística

A partir de la caracterización florística de cada uno de los cuadrantes muestreados, y con los rangos de valores de NDVI obtenidos de las imágenes de satélite para cada parcela, fue posible determinar los valores del NDVI para cada categoría de cobertura vegetal, asignando atributos como especies dominantes y porcentaje de cobertura.

El procedimiento anterior se realizó por separado en las imágenes del 15 de octubre, 9 de enero y 3 de noviembre, cuyos valores de NDVI mostraban diferencias.

Tabla 19. Valores mínimos y máximos del NDVI y las especies más dominantes

RANGOS NDVI		CATEGORIA	Especies vegetales mas dominantes	Cobertura %
MINIMO	MAXIMO	USO DEL SUELO	(spp)	
0,33	0,78	Bosque altoandino	<i>Hedyosmum luteyani</i> (guayusa), <i>Weinmannia fagaroides</i> (sarar), <i>Viburnum triphyllum</i> (rañas), <i>Miconia bracteolate</i> , <i>Palicourea heterochroma</i> , <i>Ocotea heterochroma</i> (Jigua), <i>Berberis conferta</i> (Shushpilla), <i>Axinaea macrophylla</i> (Yugyug), <i>Prumnopitys montana</i> (Trensa) <i>Clusia flaviflora</i> (Duco), <i>Oreopanax sp</i> , <i>Weinmannia fagaroides</i> (Sarar), <i>Saraubia sp</i> , <i>Solanum nutans</i> (Tulipa)	80,4
0,21	0,55	Bosque de Quinuas	<i>Polylepis reticulata</i> (Quinua); <i>Polylepis weberbaueri</i> (Quinua); <i>Gynoxys cuicochensis</i> ; <i>Valeriana hirtella</i> (Valeriana); <i>Gynoxys buxifolia</i>	77,36
-0,07	0,28	Páramo de Pajonal	<i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Paspalum bonplandianum</i> , <i>Baccharis genistelloides</i> , <i>Vaccinium floribundum</i> , <i>Valeriana microphylla</i> , <i>Gentianella hirculis</i> , <i>Valeriana rigida</i> , <i>Lupinus sp</i> , <i>Rumex acetosella</i> , <i>Halenia serpyllifolia</i> , <i>Berberis lutea</i> , <i>Werneria nubigena</i>	97

0,23	0,52	Páramo de Almohadillas	<i>Plantago rigida, Eryngium humille, Valeriana rigida, Halenia weddeliana, Gentianella hirculis, Halenia serpyllifolia, Halenia sp, Plantago linearis, Gentianella cerastioides, Lachemilla hispidula</i>	100
0,12	0,60	Pastos y Cultivos	Cultivos de maíz, hortalizas y pastos	92

Fuente: Autores

El índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto esta determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas en el terreno y las condiciones atmosféricas en el momento de la toma de la imagen por el satélite.

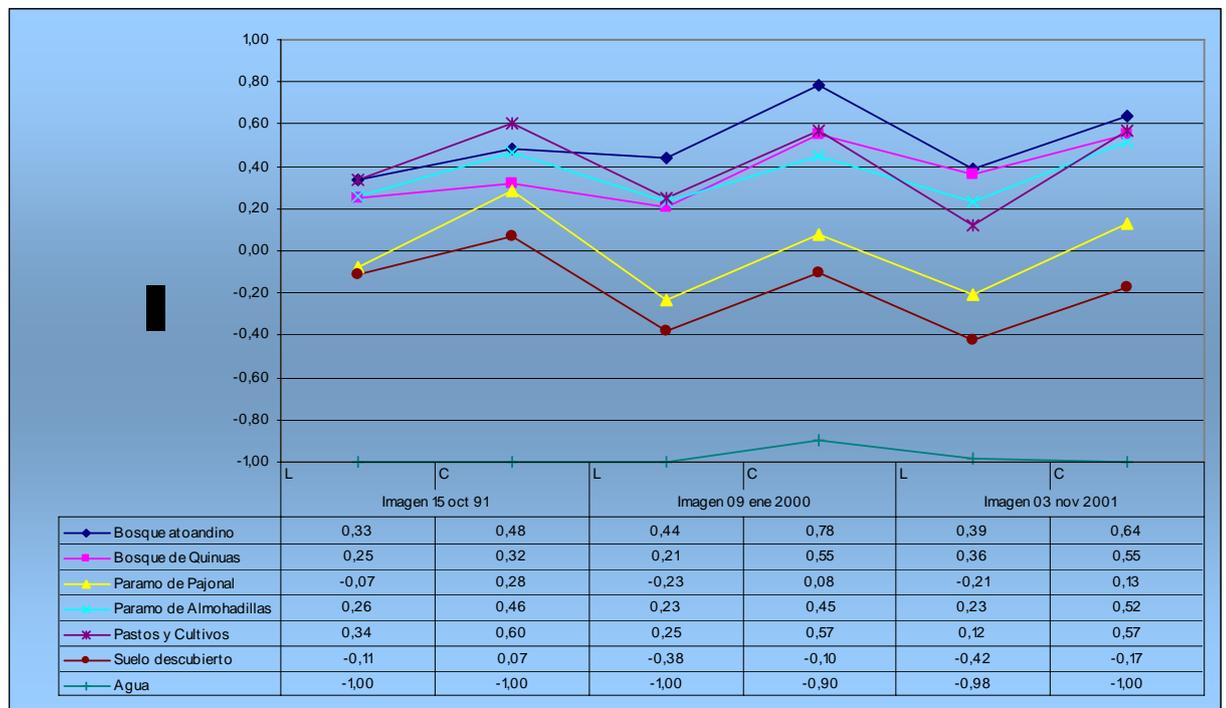


Figura 53. Valores del NDVI en la imagen de 1991
Fuente: Autores

Los valores de índice de vegetación para la categoría de Bosque Altoandino esta entre los rangos de 0,33 a 0,78, con una media de 0,50, para la categoría del bosque de quinuas tenemos un mínimo de 0,21 y 0,55; en pajonal los valores oscilan entre -0,07 y 0,28 en el páramo de almohadillas tienen un valor de un mínimo de 0,23 y un máximo de 0,52 pastos y cultivos van desde 0,12 y 0,60.

La tabla 19 muestran la relación existente entre el valor de cobertura, obtenido en campo, y el valor de NDVI, ésta relación es directamente proporcional. Cuando los valores de cobertura se incrementan, los valores de NDVI también. Sin embargo se llega a un punto donde, a pesar de que aumenta el valor de cobertura de la vegetación, ya no se incrementa el valor de NDVI. Esto se debe a un efecto de saturación denominado "multicapa" y puede ser apreciado en las comunidades del bosque altoandino. En cuanto a la cobertura de pajonal, a pesar de tener una cobertura del 100%, el NDVI es bajo por la reflectancia que el suelo emite, dando valores bajos cercanos a 0.

En las coberturas de almohadillas y pastos y cultivos los valores son relativamente altos y muy similares a los de los bosques a pesar de tratarse de comunidades herbáceas, esto se debe a que las comunidades de almohadillas siempre están saturadas de agua y los pastos y cultivos son plantas con una fenología anual, es decir, mientras más joven la plantas, más alto el valor de NDVI.

4.9. Verificación y análisis de resultados

Para demostrar esta metodología efectiva, y verificar los valores de NDVI en las parcelas muestreadas se llevó a cabo una nueva toma de datos en el campo. Para ello se seleccionó parcelas o áreas test distribuidas en la imagen, de las cuales procedió a obtener las mismas variables del

primer grupo de parcelas, los resultados se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 20. Resultados de los datos de comprobación del NDVI en bosque altoandino

Píxeles	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stand	Lugar
4	0,46	0,47	0,46	0,00	Ilaviucu
4	0,33	0,39	0,35	0,03	Rio blanco
4	0,41	0,42	0,41	0,01	Mazán
4	0,39	0,53	0,46	0,06	Ilaviucu
4	0,39	0,46	0,43	0,03	Rio blanco

Tabla 21. Resultados de los datos de comprobación del Bosque de Polylepis

Píxeles	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stand	Lugar
4	0,2500	0,2727	0,2607	0,0093	soldados
4	0,2929	0,3607	0,3254	0,0279	soldados

En esta segunda toma de datos se pudo confirmar que Bosque Altoandino predominan las especies: *Hedyosmum luteyani* (guayusa), *Weinmannia fagaroides* (sarar), *Viburnum triphyllum* (rañas), *Miconia bracteolate*, *Palicourea heterochroma*, *Ocotea heterochroma* (Jigua), *Berberis conferta* (Shushpilla), *Axinaea macrophylla* (Yugyug), *Prumnopitys montana* (Trensa) y los valores de NDVI son muy similares a los de las parcelas de la primera etapa.

En los bosques de quinuas predominan las siguientes especies: *Polylepis reticulata*, *Gynoxys sp*, *Valeriana hritella*, *Gynoxys cuicochensis*, *Polylepis weberbaueri*.

En el páramo de pajonal las especies predominantes son *Calamagrostis intermedia*, *Paspalum bonplandium*, *Orytrophium crocifolium*, *Pernettya prostata*, *Gentianella hirculis*, *Lupinus microphyllu*.

En el páramo almohadillas las especies predominantes son: *Gentianella ceratoides*, *Hypericum acciculare*, *Neurolepis villosa*, *Plantago rigida*, *Castilleja fissifolia*, *Lysipomia vitreola*, *Calamagrostis intermedia*, *Paspalum bonplandium*, *Oxalis phaeotricha*, *Orytrophium perubianum*, *Lupinus*.

Con los datos obtenidos podemos observar que las especies que predominan no varían, pero existe una traslape en los valores del índice de vegetación, ya que las especies tienen una estructura interna muy parecida. Es importante recalcar que a pesar de la diferencia de tiempo entre las imágenes y el trabajo de campo, los valores del índice de vegetación no muestran una diferencia notoria.

4.10. Análisis Estadístico

Para nuestro estudio se determinó el análisis no paramétrico de Spearman, en el cual se analizaron las variables de la media del índice de vegetación y se buscó una relación con los valores de densidad y cobertura del dosel de cada categoría.

4.10.1. Pajonal

Tabla 22. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en Pajonal

	Rho de Spearman	NDVI	Densidad spp	% Cobertura spp
NDVI	Coeficiente de Correlación	1.000	.472(*)	.470(*)
	Sig. (bilateral)	.	.023	.037
	N	23	23	20
Densidad spp	Coeficiente de Correlación	.472(*)	1.000	.650(**)
	Sig. (bilateral)	.023	.	.002
	N	23	23	20
% Cobertura spp	Coeficiente de Correlación	.470(*)	.650(**)	1.000
	Sig. (bilateral)	.037	.002	.
	N	20	20	20

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se procedió a realizar un análisis de Correlación bivariada el cual calcula el coeficiente de correlación de Spearman con sus niveles de significación. La correlación midió cómo están relacionados las variables o los órdenes de los rangos de NDVI. Esta es una medida de asociación lineal. Estas dos variables pueden estar perfectamente relacionadas dándonos un valor de 0.470 con un nivel de significancia de 0.05.

La correlación entre los rangos de la media del NDVI y los porcentajes de densidad de las especies en esta categoría de cobertura nos da un coeficiente de correlación de 0.472 con un nivel de significancia de 0.05. Demostrándonos que existe una relación positiva entre las dos variables analizadas conjuntamente con el NDVI

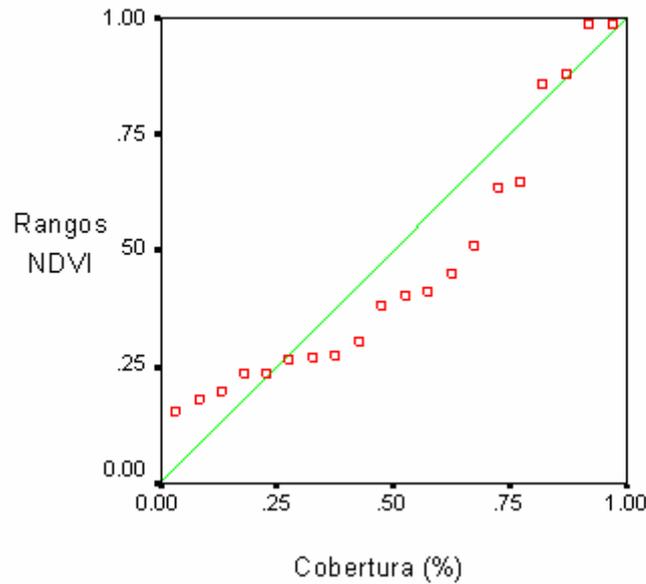


Figura 54. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en pajonal

4.10.2. Almohadillas

Tabla 23. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en almohadillas

	Rho de Spearman	NDVI	Densidad spp	% Cobertura spp
NDVI	Coefficiente de Correlación	1.000	.472(*)	.470(*)
	Sig. (bilateral)	.	.023	.037
	N	23	23	20
Densidad spp	Coefficiente de Correlación	.472(*)	1.000	.650(**)
	Sig. (bilateral)	.023	.	.002
	N	23	23	20
% Cobertura spp	Coefficiente de Correlación	.470(*)	.650(**)	1.000
	Sig. (bilateral)	.037	.002	.
	N	20	20	20

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En esta categoría de cobertura se puede observar que el valor de correlación es de 0.472, siendo significativa en el nivel de 0.05, dándonos a entender que existe una relación positiva entre las variables (NDVI y cobertura; NDVI y densidad).

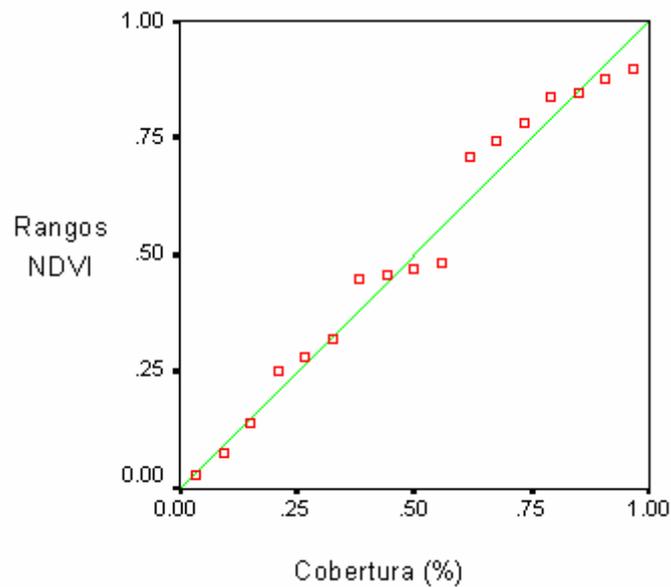


Figura 55. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en almohadillas

4.10.3. Bosques

Se procedió a realizar un análisis de Correlación bivariada el cual calcula el coeficiente de correlación de Pearson con sus niveles de significación. Para este análisis fue necesario transformar los datos de densidad y cobertura a valores logarítmicos, debido a que sus valores eran muy altos y así poderlos relacionar con el NDVI. La correlación midió cómo están

relacionados las variables o los órdenes de los rangos de NDVI. Esta es una medida de asociación lineal. Estas dos variables pueden estar perfectamente relacionadas dándonos un valor de 0.621 con un nivel de significancia de 0.05.

La correlación entre los rangos de la media del NDVI y los porcentajes de densidad de las especies en esta categoría de cobertura nos da un coeficiente de correlación de -0,139, lo que nos da a entender que no existe una relación entre los valores de NDVI y los porcentajes de la densidad de las especies en la categoría observada.

Tabla 24. Correlaciones NDVI y Cobertura vegetal en bosques

	Correlación de Pearson	NDVI	Densidad spp (log)	% Cobertura spp (log)
NDVI	Correlación de Pearson	1	-.139	.621(*)
	Sig. (bilateral)	.	.608	.010
	N	16	16	16
Densidad spp	Correlación de Pearson	-.139	1	.079
	Sig. (bilateral)	.608	.	.772
	N	16	16	16
% Cobertura spp	Correlación de Pearson	.621(*)	.079	1
	Sig. (bilateral)	.010	.772	.
	N	16	16	16

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

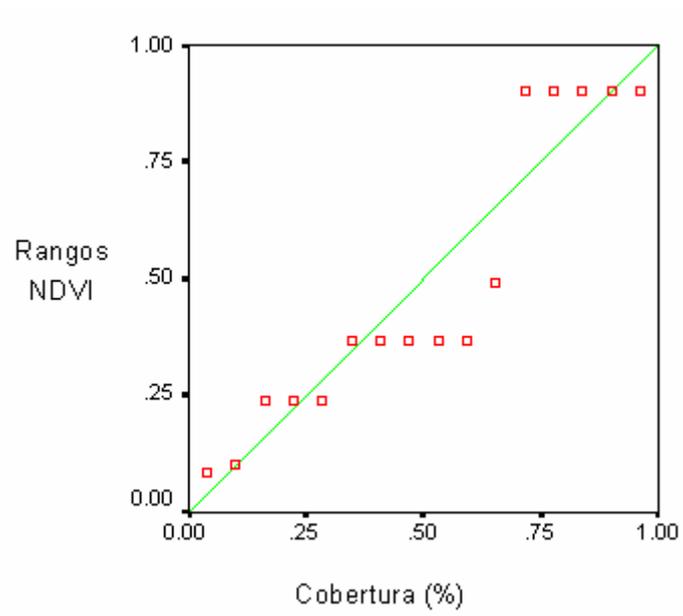


Figura 56. Correlación entre las variables de NDVI y cobertura en bosques

CAPITULO V

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Estandarización de los rangos del índice de vegetación y la composición florística

El determinar el porcentaje de cobertura, abundancia, dominancia e índice de importancia de las especies vegetales que conforman cada comunidad vegetal, nos ha servido para que sean anexados con los rangos de valores del índice de vegetación y poder estandarizar las diferentes coberturas vegetales existentes en el parque. En este análisis fue complicado el poder discriminar los valores de los rangos en cada imagen, una por el tiempo entre cada una de ellas y las fechas del levantamiento de campo, también los factores que influyen en los sensores cuando éstos han tomado la imagen, como ruidos en el sensor, los factores ambientales y la época en la que las plantas se encontraban en desarrollo.

La relación que tienen los valores de reflectancia en las diferentes coberturas vegetales y que dan como resultado el índice de vegetación, si bien es muy fácil de diferenciar entre coberturas estructuralmente distintas como bosques y pajonales, es bastante complicado el tratar de desagregarles entre cobertura cuya reflectancia es similar como es el caso de páramo húmedo - pastos, bosque altoandino - quinuas, cubiertas vegetales que tienen una estructura muy parecida por lo que los valores de índice de vegetación son similares por no decir iguales, existiendo un traslape y dificultado su discriminación en los rangos del NDVI.

Si bien es posible obtener datos de superficie para los distintos usos y coberturas de suelo, la precisión de los datos obtenidos a partir de este método es inferior a la que se podría lograr mediante un censo. Ello se debe a que la resolución espacial de las imágenes Landsat (30x30) no permite individualizar parches pequeños ya sea de polylepis, páramos de almohadillas, cultivos dentro del parque u otra vegetación, es decir, donde exista una superficie menor a 5ha. Es aquí donde coexisten diferentes usos de suelo y pueden no ser clasificadas correctamente, puesto que son afectadas por la respuesta espectral de áreas vecinas. A eso se debe nuestra clasificación homogenizada entre bosques (polylepis, altoandino, y nublado).

Análisis Multitemporal

Las imágenes utilizadas tienen una diferencia de 10 años, y las coberturas vegetales que crecen dentro de la zona de estudio son especies de crecimiento lento, por lo que no es muy notoria la dinámica que existe en las diferentes categorías usadas.

Los cambios en la cobertura vegetal, si bien no se pudo determinar discriminando las coberturas de bosque altoandino y bosque de quinuas, si se logró establecer los polígonos en donde se puede apreciar cambios en la categoría, es decir, los lugares en donde parece que ha existido un desarrollo de las especies que conforman esa categoría.

Clasificación de la imagen

Los mapas obtenidos mediante la verdad-terreno y sus valores en las matrices de confusión muestran unos porcentajes aceptables de error en algunas categorías, lo que repercute en un índice de fiabilidad global.

Según Chuvieco (1996) las imprecisiones en una clasificación digital dependen, principalmente, de las características del territorio y de la definición de la leyenda, de la calidad de los datos base y de la metodología aplicada.

La orientación, la pendiente, la densidad o el estado fenológico de una cubierta pueden introducir variaciones importantes en su comportamiento espectral.

Respecto a la definición de la leyenda, un mayor detalle puede aumentar el error en la clasificación, especialmente cuando se pretende discriminar en la imagen usos muy parecidos espectralmente. Este es el caso de los bosques altoandino - de quinuas; humedales -pastos. Existiendo un traslape de valores de los niveles digitales de los píxeles usados como zonas de entrenamiento.

La metodología establecida en este estudio sirve como base para próximas investigaciones en los cambios tanto de la cubierta vegetal, como para poder discriminar la dinámica fenológica en las diferentes coberturas del suelo, es importante recalcar que éstos estudios se han realizado en áreas de monocultivos, en donde la fenología y sobre todo las áreas de interés cubren una superficie mayor, facilitando la homogenización de los valores de reflectancia por parte de las especies en los cuadrantes seleccionados, mientras que en nuestro estudio, la situación es completamente diferente, el mismo hecho de existir una diversidad relativamente amplia, conjuntamente con las dificultades que da el terreno a no ser homogéneo, sin embargo, se ha logrado estandarizar dichas coberturas con los índices de vegetación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para mantener la biodiversidad y la integridad ecológica de los ecosistemas naturales del Parque Nacional Cajas es necesario mantener una adecuada información; que facilita la definición de las necesidades de investigación, conservación, y desarrollo.

El monitoreo de la cobertura vegetal y uso de suelo requiere de una actividad continua a largo plazo aplicado a las áreas que requieren un mayor monitoreo (bosque de polylepis, páramo de pajonal y almohadillas) debido que es aquí es donde se concentra la mayor superficie de vegetación.

Aun cuando estas tecnologías son de gran alcance tienen sus limitantes es por ello que el conocimiento obtenido de la verificación en campo es indispensable y refuerza el conocimiento. En áreas extensas, remotas y aisladas, donde el acceso al sitio es limitado, el reconocimiento aéreo es una herramienta adicional de gran utilidad para hacer observaciones generales sobre la vegetación, amenazas y aspectos logísticos del sitio. De igual forma los recorridos in situ nos proporcionan información más detallada que junto con la satelital, manejada de forma sistematizada se convierten en la información más fidedigna y confiable.

Para disminuir el traslape de categorías vegetales, es necesario utilizar imágenes con una mejor resolución, para de esta manera, poder obtener una clasificación mucho mas clara y actual.

Muchas veces algunos usos del suelo que quieren ser identificados en función de un objetivo determinado, como ciertas comunidades vegetales tiene una respuesta similar, cuyas diferencias no son lo

suficientemente significativas como para ser individualizados por este método y cuyo objetivo es analizar mediante un análisis multitempotal,

Para el análisis multitemporal es importante utilizar fotografía aérea o imágenes con mayor resolución y con un período de tiempo más distante con la finalidad de obtener una mejor discriminación de la cubierta vegetal y así poder obtener un mapa de cambios de uso del suelo. Las especies que crecen dentro del Parque tienen un desarrollo bastante lento, es decir, que requieren de un mayor lapso de tiempo para notar su crecimiento.

La presencia de unidades de pastoreo en el PNC amenaza con el equilibrio ecológico y la pérdida de especies nativas de la zona, a pesar de que en el muestreo se trató de tomar zonas que mantenga una intervención humana mínima, se pudo notar que en zonas como la de Miguir, tienen una intervención bastante fuerte, ya que se encontró ganado dentro del parque.

Con la metodología usada se pudo estandarizar los valores del índice de vegetación y composición florística en la imagen, es necesario incrementar el número de cuadrantes muestreados, para de esta manera mejorar el rango de los valores en el que se mueve cada categoría.

Los valores de NDVI presentan una estrecha relación con los valores de cobertura, los que a su vez muestran el comportamiento estacional de las diferentes comunidades vegetales, lo que se observa en los distintos valores de NDVI a lo largo de año, conforme la vegetación va modificando su apariencia.

La composición florística y la fisonomía de las comunidades vegetales determinan la variabilidad de la reflectancia de dichas comunidades.

Según las observaciones estadísticas realizadas para este estudio nos indica que los números de muestreos realizados son muy pocos para poder analizar de manera más concreta el comportamiento de la vegetación en relación con los valores de reflectancia. Sin embargo, las correlaciones entre las variables de porcentaje de cobertura vegetal, densidad de individuos en cada categoría vegetal y los valores del NDVI, muestran la relación entre ellas.

Las fechas de la imagen pueden variar el índice de vegetación ya que dependen de las características climáticas y de las condiciones en las que fueron tomadas por el sensor.

El NDVI puede presentar variaciones dependiendo de las características fisiológicas y morfológicas de las plantas.

Las imágenes abarcan un espacio muy amplio, una forma de obtener resultados más precisos y detallados es tomar fotografías de áreas de interés por separado, o lugares que han sufrido una intervención muy notoria. Por ejemplo sería muy interesante analizar los cambios que ha tenido el bosque protegido de Mazán.

GLOSARIO

Análisis multitemporal:- El análisis multitemporal basado en la interpretación de fotografías aéreas permite detectar los cambios producidos en la vegetación

Banda espectral: selección de longitudes de onda con comportamientos electro-magnéticos similares. Spectral Band cierto set de criterios, entonces es asignado a la clase que corresponde a esos criterios. Este proceso es también referido como una segmentación de la imagen.

Clasificación digital: Proceso por el que se asigna un píxel de una imagen multi espectral a una de las categorías de la leyenda, generalmente sobre la base de similitudes entre los valores numéricos que las define.

Clasificación.- El proceso de ordenar los píxeles de una imagen en un número finito de clases o categorías de datos, basándose en los valores que esos píxeles tienen. Si un píxel satisface un conocimiento de los datos, y de las clases deseadas, es requerido en este caso antes de la clasificación.

Correcciones: operaciones digitales tendentes a eliminar errores en la adquisición de las imágenes, ya sean radiométricos o geométricos.

Detección de cambios: técnica que permita señalar sobre dos o más imágenes multitemporales aquellas zonas que han experimentado transformaciones.

Digitalización: concepto que se refiere a cualquier conversión de un documento analógico en formato numérico.

Imagen Cualquier forma de representación pictórica de los datos obtenida por medios fotográficos.

Imágenes satélites: estas son obtenidas a partir de la captación de la energía reflejada o emitida por los objetos localizados sobre la superficie terrestre.

Infrarrojo: Porción del espectro comprendida entre 0.7 y 100 micras, que tiene gran importancia para estudios de teledetección, normalmente suele dividirse en infrarrojo cercano, medio y lejano, Este último también se conoce como infrarrojo térmico.

IVDN O NDVI: es una variable que permite estimar el desarrollo de una vegetación en base a la medición, con sensores remotos, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja.

Landsat: Serie de satélites construidos por nasa dedicados específicamente a la detección de recursos naturales.

Longitud de Onda: Es la medida de la distancia que separa dos valores culminantes entre sucesivas ondas.

Píxel: Derivado del inglés *Picture element* Es el elemento pictórico más pequeño de las imágenes que es susceptible a ser procesado. Cada uno de estos píxeles están identificados por un valor numérico que expresa la respuesta de los objetos situados en la superficie terrestre ante una fuente de energía.

Realce de imágenes Procesos digitales que tienen como fin mejorar la calidad visual de la imagen, mediante el aumento del contraste interno o

la creación de nuevas bandas que ilustren mejor sobre sus características originales.

Reflectividad: Porcentaje de radiación incidente que se refleja por una superficie dimensional.

Sensor: Cualquier instrumento que detecta energía electromagnética, la convierte en una señal y la presenta en forma susceptible de ser aprovechada para su estudio

Sin clasificar - El número de firmas no paramétricas en las que está incluido el píxel es cero. Se aplicará la "regla sin clasificar", clasificándose el píxel de acuerdo a las reglas paramétricas.

Sistema de Información Geográfica: Conjunto de programas que permiten almacenar, recuperar, modificar y combinar cualquier tipo de variables georeferenciados.

Solapamiento- El número de firmas no paramétricas en las que está incluido el píxel es mayor que 1. Se aplicarán las reglas de solapamiento definidas que pueden ser: por orden, dejar el píxel sin clasificar u optar por aplicar la regla de decisión paramétrica.

Supervisado el proceso es controlado por el usuario, que selecciona grupos de píxeles que representan patrones o figuras de distintos tipos de coberturas, que reconoce o que puede identificar con la ayuda de otros elementos tales como fotos aéreas o datos de campo.

Teledetección: Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación.

Único El número de firmas no paramétricas en las que está incluido el píxel es 1. El píxel será clasificado como la clase correspondiente a esta firma.

Verdad terreno: Refiere a todas las medidas de magnitudes físicas y muestreos llevados a cabo sobre el área materia de operación.

Visualización de datos: Cualquier representación visual de imágenes digitales. Puede realizarse sobre un monitor de rayos catódicos, un plotter electrostático, plotter de laser o impresora de líneas.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, Z. Guía Práctica para realizar Estudios de Comunidades Vegetales. Loja Ecuador. Herbario Loja Departamento de Botánica y Ecología. 1999. p1-28.

ÁLVAREZ S. JORGENSEN P, MINGA D. ULLOA C. Cien plantas silvestres del páramo Parque Nacional Cajas. ETAPA, Missouri Botanical Garden. Cuenca. Ecuador. 2004. 58pp.

AMARILLA, S. Cambios en la Vegetación Boscosa. En la Zona de influencia de nacional YBYCIU. Paraguay. Universidad Nacional de la Asunción. 2005. 132pp

AMELLER, R. El índice de vegetación con un gran número de medidas de campo para realizar estos estudios_ 1997.
<http://www.100cia.comopremios/investigacionesaviu>. [Consulta 12-junio2006].

BELTRÁN B. Composición florística y estructurada del bosque primario en Mazán Cuenca Ecuador. Tesis de biólogo. Universidad del Azuay 2001. 55pp

BONNARIA A. MORIN D. BONN F HUETE A Arcview o Vegetación índices Remote Sensig Review. Madrid –España. Editorial huerta. 1995. p....161-173

BOSQUE J.F. *et al.* Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI LIBRO: Madrid –España. RA-MA Editorial. 1994. 478 pp.

CAÑADAS CRUZ, L. El Mapa Bioclima tico y Ecológico del Ecuador_ MAG, PRONAREG, Quito Ecuador 1983 210pp.

CERAPRIMES. Plan de manejo del Parque Nacional el Cajas.
<http://www.etapa.com.ec/pag/viewfullPNC>. 2002 [consulta 11 Julio 2006]

CERÓN, C. Etnobotánica del Ecuador. Quito-Ecuador ABYA-YALA. 1993. 245pp

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. Tercera edición, Ediciones RIAL R. S.A. Editorial Alcalá Madrid-España.1996. 564pp.

CHUVIECO, E. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. Revista de Teledetección. <http://www.geogra.uah.es/Personal/emilio.chuvieco/73.pdf> 1998. [Consulta 3 de marzo 2006].

CHUVIECO. E. UNIVERSIDAD DE HENARES..MATRIZ DE CONFUSION <http://www.geogra.uah.es/Personal/emilio.chuvieco/emilio.htm> 2006 [consulta 25 sep 2006]

CONGLATON, A review of a assessing the accuracy or classifications or remotely sensed data, Remote Sensing or Environment, Vol. 37, 35-46 pp, 1991.

ECOCIENCIA, Parques nacionales y altas áreas protegidas del Ecuador: Una esperanza el futuro. Producido en colaboración con el Ministerio de Defensa Nacional, INEFAN y proyecto SUBIR. Quito-Ecuador. 1994

GENTRY, A. H en Ulloa, y P. M. Jorgensen, 1995. Árboles y Arbustos de los Andes del Ecuador. Quito, Ecuador. Ediciones ABYA-YALA. 1977. 253pp.

GODMAN, P. Principles Of Geographical Information Systems For Land Resources, USA. 1992.45pp.

GUZMAN P. Análisis de la Dinámica Lluvia Escorrentía en Microcuencas de Páramo. PROMAS, Universidad de Cuenca. 2005. 89pp.

FAO. Evaluación de Recursos Forestales 1990 - Recursos Forestales de

Ecuador (Resumen de Información Existente - Borrador). Ecuador. 1991. 48pp.

HEDBERG, I. Tropical-alpine life-forms of vascular plants. *Oikos* 33: 1979. p 297-307.

HEDBERG, O. Features of Afroalpine plant ecology. *Acta Phytogeogr. Suecia* 1964. 49pp

HOFSTEDE R. Lips J, Wibold J, Sevink J. Geografía, Ecología y forestación de la Sierra alta del Ecuador. Quito Ecuador Ediciones Abya-Yala. 1998. 43pp.

HUTCHINSON S. Ecosistemas en Peligro, refugios de Vida, recursos vitales, Los fragmentos de bosque en la cuenca del río Paute._Revista Universidad Verdad, .1996_Universidad del Azuay.

ISLAS F. ORTIZ C. SORIA J. VOLKE V. Sitios de ocurrencia y predicción de Rendimientos de Maíz a través de índices de vegetación de imágenes de satélite. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, México. 1999. p...27-34

IGM (INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR). Mapa Topográfico del Ecuador: hoja Cuenca. 1:50000. Quito. Ecuador. 1992.

IGM (INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR). Mapa Topográfico del Ecuador: hoja Chaucha. 1:50000. Quito. Ecuador. 1973.

IGM (INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR). Mapa Topográfico del Ecuador: hoja Chiquintad. 1:50000. Quito. Ecuador. 1992.

IGM (INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR). Mapa Topográfico del Ecuador: hoja San Felipe de Molleturo. 1:50000. Quito. Ecuador. 1987.

JENSEN J.R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jerse. USA. 1996. Prentice-Hall.255pp

JORGENSEN, P. M. & S. LEON-YANEZ, Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Monographs Syst. Bot. Missouri Botanical Garden, 1999.

KREBS C. Ecología. Madrid España. Editorial Harper and Row. 1987. p...433-458. 198. tercera edición.

LARREA, S. Enfoque alcance y metodología del trabajo propuesta técnica para proyecto plan Integral de manejo Parque Nacional Cajas. Ministerio de obras públicas y comunicaciones CEPRIMES S.A. LTDA. 2001. Formulario 1.8 21pp

LILLESAND M. Ralph W. Kiefer. Remote Sensing and Image Interpretation. USA. 1994. Tercera edición.

LLORET, P. GONZÁLEZ V, ZAMBRANO M, Indicadores Sociales y Ambientales de la Cuenca del Paute, Universidad del Azuay, Postgrado SIG Aplicados a la gestión territorial y ambiental. 2003. 12pp

LOZANO F. Distribución Vegetal en el Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrocienegas, Coahuila, México. Proyectos LabSig. 2006. Mexico. 10 pp.

LUTEYN, J. Paramos, a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. New York Botanical Garden Press. Nueva York. 1999. 313pp.

MANRIQUE, E. Índice de Vegetación. Aplicación de NDVI. Teledetección. Avances y aplicaciones Asociación Española. 1999. 239pp.

MAPPING. Corrección Topográfica en Imagen Satélite http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=103 2003. [consulta 7 enero 2006]

MARIS S, PARACIN E. Identificación de la desertificación y degradación en Las Tierras en Santa María (Catamarca) A través del procesamiento de imágenes. Facultad de Agronomía. Buenos Aires Argentina. 2000. 226pp.

MATTEUCCI S, COLMA A. Metodología para el estudio de la vegetación. Venezuela. Secretaria general de los Estados Americanos programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Universidad experimental Francisco Miranda de 1982. 163 pp.

MEDINA, G MENA P. El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico, Quito Ecuador. Serie Páramo 1, GTP/ Abya - Yala, 1999, 62 pp.

MEDINA, G; *et al.* Perspectivas para la conservación de los páramos del Ecuador. ECOCIENCIA_ The Mountain Institute. Programa Andino. Quito. 1997, p. 129-139

MENA, P. Páramo, el ecosistema de las paradojas. Quito. Revista Terra Incognita. 2000 2(9):5

MINGA D. Arboles y arbustos del Bosque de Mazan. Cuenca Ecuador. E.T.A.P.A. 2000. 217pp.

MORENO CUESTA. E. Aplicación de las tecnologías sig para la realización de una clasificación de usos de suelo híbrida paramétrica-no paramétrica a partir de imágenes de satélite Lansat TM Madrid España2002 Universidad de Huelva. 2002. 145pp.

ODEPLAN. (Organismo de Desarrollo y Planificación). Sistema de Información Nacional. Escala 1:250000. SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). Quito. Ecuador. 2003.

PARQUE NACIONAL CAJAS.
http://www.cuenca.gov.ec/turismo/conozca/el_cajas_vent.asp 2006
 [consulta 12 mayo 2006].

PINILLA RUIZ. C. Elementos de teledetección. Madrid España. RA-MA Editorial, Ediciones Albalejo. 2001. 258pp.

PROYECTO PÁRAMO. Mapa preliminar de los tipos de páramo del Ecuador <http://www.paramo.org>. 1999. [consulta 25 agosto 2006].

RIAÑO D. Análisis y cartografía de las propiedades de los combustibles mediante teledetección y Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.). Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Programa interdepartamental de doctorado en Ciencias Ambientales. Ecosistemas, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, Año XI, No 3/2002, Septiembre-Diciembre. 3pp.

SERRANO F. Árboles y arbustos del Bosque de Mazán. ETAPA (Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado). Cuenca. Ecuador. 1996. 157pp

SIERRA, R., Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental, Quito Ecuador. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, 1999. p 38-107.

TORAL, F. Variación en la composición de las comunidades de Aves en diferentes tipos de vegetación en el Bosque Protector de Mazán. Tesis Previa a la obtención del título de Biólogo. Universidad del Azuay, Cuenca Ecuador. 1996. 135pp

TIRILA D. Mamíferos del Ecuador. Quito Ecuador. Museo de zoología. Pontificie universidad católica del Ecuador. 1999. 392pp.

UNIVERSIDAD DE CUENCA, Descripción de la Cuenca del Río Paute. <http://www.descripcion/cuencaaltadelpaute/riotomebamba/htm>. 2005. [consulta 9 Junio 2005].

UNIVERSIAD DEL VALLE. OSSO AND PROSIS. Estudio Demostrativo Sobre Coberturas y Cambio en los Usos del Suelo en la región de Buenaventura., OSSO para el POT del Municipio de Buenaventura, Cali- Colombia. Observatorio Sismológico del Sur Occidente Colombiana. Empresa Prosis S.A. 1998. 89pp.

ANEXOS

Anexo 1. Datos florísticos en el bosque altoandino de Llaviucu

Categoría	Bosque Altoandino de Llaviucu		Tamaño	30 m x 40 m	Parcela	1				
Coordenadas	X: 706690		Y:	9686340	Altura	3240				
Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	# individuos	Área Basal	DnR	DmR	I.V.I	
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i>	<i>luteyani</i>	H. Karst.	guayusa	39	1,0	24,4	27,5	52,1	
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>fagaroides</i>	Kunth.	sarar	11	0,5	7,6	14,6	22,2	
Caprifoliaceae	<i>Viburnum</i>	<i>triphyllum</i>	Benth.	rañas	27	0,03	18,6	0,8	19,4	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>bracteolata</i>	(Bonpl.) DC.		7	0,5	4,8	13,7	18,5	
Rubiaceae	<i>Palicourea</i>	<i>heterochroma</i>	K. Schum. & K. Krause		12	0,3	8,3	8,9	17,1	
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>heterochroma</i>	Menz y Sodiro.	Jigua	7	0,3	4,7	8,6	13,4	
Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>conferta</i>	H.B.K.	Shushpilla	6	0,3	4,1	4,4	12,9	
Melastomataceae	<i>Axinaea</i>	<i>macrophylla</i>	(Naudin) Triana	Yugyug	7	0,3	4,5	6,8	11,6	
Podocarpaceae	<i>Prumnopitys</i>	<i>montana</i>	(Humb & Bonpl) de Laub	Trensa	9	0,2	6,2	4,3	10,5	
Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>andeanum</i>	C. DC.	fililin	3	0,1	2,1	2,1	4,2	
Cornaceae	<i>Cornus</i>	<i>peruviana</i>	Macbr.	Palo de rosa	8	0,03	2,9	0,7	4,0	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>theaezans</i>	(Bonpl.) Cogn.		2	0,1	1,4	2,0	3,3	
Saxifragaceae	<i>Escallonia</i>	<i>myrtilloides</i>	L.f.	Chachaco	3	0,03	2,1	0,9	3,0	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>postulata</i>	Naudin	Cerrac	2	0,3	2,6	2,0	2,3	
Myrsinaceae	<i>Myrsine</i>	<i>andina</i>	(Mez) Pipoly	Zhiripe	4	0,2	2,5	2,4	2,1	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>aspergillaris</i>	(Bonpl.) Naudin		2	0,0	1,4	0,3	1,6	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>sp</i>			1	0,004	0,7	0,1	0,7	
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>crocea</i>	(Desr.) Naudin		4	0,0	0,5	0,1	0,7	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>nutans</i>			2	0,0	0,4	0,1	0,5	
Myrtaceae	<i>Myrcianthes</i>	<i>rhopaloides</i>	(H.B.K.) Mc. Vaugh	Arrayán	1	0,0	0,2	0,1	0,1	
Total general					157	4,3	100	100	200	

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Índice de Valor de importancia

Anexo 2. Datos florísticos en el bosque altoandino de Canoas y Jerez (Río Blanco)

Categoría Bosque Altoandino de Canoas y Jerez
 Parcela 1
 Coordenadas X: 677789 Y: 9684477 Tamaño 30 m x 40 m Altura 2644

Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	# individuos	Área Basal	DnR	DmR	I.V.I
Clusiaceae	<i>Clusia</i>	<i>flaviflora</i>	Engl	Duco	27,0	4,9	67,8	88,1	159,6
Araliaceae	<i>Oreopanax</i>	<i>sp</i>			6,0	0,4	15,3	8,0	23,1
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>fagaroides</i>	Kunth.	Sarar	6,0	0,1	15,2	1,4	15,0
Actinidaceae	<i>Saraubia</i>	<i>sp</i>			5,0	0,1	1,2	1,2	1,1
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>nutans</i>	Ruiz & Pav	Tulipa	2,0	2,3	0,5	1,3	1,2
Total general					46	7,8	100	100	200

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Índice de Valor de importancia

Anexo 3. Datos florísticos en el bosque altoandino de Mazán.

Especie	DnR	DmR	FrR	IVI
<i>Prumnopitys montana</i>	1,16	57,07	2,62	60,9
<i>Hedyosmum cumbalense</i>	21,48	11,72	17,13	50,3
<i>Ocotea heterochroma</i>	10,59	7,55	0,84	29
<i>Piper andreanum</i>	10,12	1,61	10,66	22,4
<i>Weinmannia fagaroides</i>	8,81	3,62	9,44	21,9
<i>Crytoniopsis floribunda</i>	7,11	2,64	7,52	17,3
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	4,1	1,72	4,2	10
<i>Symplocos quitensis</i>	2,94	2,41	2,97	8,32
<i>Prunus opaca</i>	2,86	1,71	2,97	7,54
<i>Miconia bracteolata</i>	3,09	0,76	3,15	7
<i>Ocotea infrafoveolata</i>	1,78	2,12	1,92	5,83
<i>Palicourea heterochroma</i>	2,55	0,64	2,45	5,63
<i>Axinaea macrophylla</i>	2,4	0,53	2,45	5,37
<i>Miconia croceae</i>	2,32	0,78	22,27	5,37
<i>Oreopanax andreanus</i>	1,85	0,57	2,62	5,04
<i>Cornus peruviana</i>	1,93	0,73	2,1	4,76
<i>Solanum nutans</i>	2,32	0,09	2,27	4,68
<i>Hedyosmum lutenii</i>	2,01	0,49	2,1	4,6
<i>Miconia theaezans</i>	1,93	0,5	1,75	4,18
<i>Viburnum triphyllum</i>	1,39	0,33	1,4	3,12
<i>Miconia aspergillaris</i>	1,16	0,18	1,05	2,39
<i>Myrsine andina</i>	1	0,4	0,87	2,27
<i>Abatia parviflora</i>	0,93	0,22	0,87	2,02
<i>Alnus acuminata</i>	0,7	0,21	0,87	1,78
<i>Verbesina latisquama</i>	0,62	0,11	0,7	1,42
<i>Gynoxys buxifolia</i>	0,7	0,19	0,52	1,41
<i>Myrsine dependens</i>	0,54	0,32	0,52	1,39
<i>Oreopanax avicennifolius</i>	0,62	0,13	0,52	1,29
<i>Gynoxys laurifolia</i>	0,54	0,15	0,52	1,22
<i>Geisanthus vanderwerffii</i>	0,39	0,04	0,52	0,95
<i>Cyathea caracasana</i>	0,08	0,43	0,17	0,7
Total general	100	100	100	300

FrR = Frecuencia Relativa

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Índice de Valor de importancia

Fuente: Tomado de Beltrán 2001, Trabajo de tesis para la obtención de biólogo

Anexo 4. Datos florísticos en el bosque de Quinuas

Categoría	Bosque Quinuas de Soldados (Laguna Tintacocha)								
	30 m x 40								
Parcela	1	Tamaño			m				
Coordenadas	X: 694722		Y: 9681892		Altura	3700			
Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	# individuos	Area Basal	DnR	DmR	I.V.I
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>reticulata</i>	Hieron	Quinua	56	1,1	54,9	76,6	131,5
Rosaceae	<i>Polylepis</i>	<i>weberbaueri</i>	Pilg.	Quinua	16	0,3	15,7	22,3	38,0
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>cuicochensis</i>	Cuatrec		17	0,5	16,7	1,1	17,7
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>hirtella</i>	Kunth	Valeriana	6	0,0	5,9	0,1	5,9
Rosaceae	<i>Gynoxys</i>	<i>buxifolia</i>			7	1,2	6,9	0,0	6,9
Total general					102	3,18	100	100	200

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Indice de Valor de importancia

Categoría Bosque Quinuas de Patoquinuas (Laguna Barros)
 Parcela 1 Tamaño 30 m x 40 m
 Coordenadas X: 699664 Y: 9692965
 Altura 3840

Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	# individuos	Area Basal	DnR	DmR	I.V.I
Asteraceae	Gynoxys	cuicochensis			24	0,07	33,33	3,14	36,47
Rosaceae	Polylepis	reticulata	Hieron	Quinua	41	2,086349	56,9	95,7	153
Valerianaceae	Valeriana	hirtella	Kunth	Valeriana	7	0,025839	9,72	1,18	10,9
Total general					72	2,18	100	100	200

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Indice de Valor de importancia

Categoría Bosque Quinuas de Angas (Laguna Angas)
 Parcela 1 Tamaño 30 m x 40 m
 Coordenadas X: 689278 Y: 9681383
 Altura 3922

Familia	Genero	Especie	Ref	Nombre vulgar	# individuos	Area Basal	DnR	DmR	I.V.I
Rosaceae	Polylepis	reticulata	Hieron	Quinua	55	1,78	100	100	200
Total general					55	1,78	100	100	200

DnR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

I.V.I.= Indice de Valor de importancia

Anexo 5. Datos florísticos en el páramo de pajonal Llaviucu

Familia	Genero	Especie	Parcelas					Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
			1	2	3	4	5			
Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	99	98	85	100	110	492	20,6	58,00
Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	51	110	78	59	94	392	16,4	17,50
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	12	26		46	64	148	6,2	0,83
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	12	26		27	47	112	4,7	1,25
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	27		26		59	112	4,7	0,50
Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>serpyllifolia</i>		30	36	28	16	110	4,6	0,81
Ericaceae	<i>Pernettya</i>	<i>prostrata</i>	42	12	14	16	18	102	4,3	0,75
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	26		21	29	26	102	4,3	0,25
Polygonaceae	<i>Monnina</i>	<i>crassifolia</i>		14	28	9	41	92	3,9	1,50
Liliaceae	<i>Orthrosantus</i>	<i>chimboracencis</i>	17			33	22	72	3,0	0,00
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>sp</i>	18	52				70	2,9	0,00
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>peruvianum</i>	22	40				62	2,6	1,15
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>	60					60	2,5	0,71
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>latoides</i>		48	12			60	2,5	1,56
Asteraceae	<i>Hieracium</i>	<i>frigidum</i>				52		52	2,2	0,49
	<i>Bidens</i>	<i>Andicola</i>	9	12	6	5	15	47	2,0	0,00
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>ecuadodorensis</i>	25		16			41	1,7	0,25
Rosaceae	<i>Lachemilla</i>	<i>orbiculata</i>	12			21		33	1,4	1,00
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>caepitosa</i>	8	8	9		5	30	1,3	0,00
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>fissifolia</i>			18	10		28	1,2	0,70
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>sp</i>	5	4	6	9	2	26	1,1	0,00
Labiaceae	<i>Salvia</i>	<i>hirta</i>	25					25	1,0	0,00
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	24					24	1,0	0,75
Lentibularaceae	<i>Pinguicula</i>	<i>caliptrata</i>			4		19	23	1,0	0,75
Rubiaceae	<i>Galium</i>	<i>hypocarpium</i>	9	14				23	1,0	1,42
Clusaceae	<i>Hypericum</i>	<i>laricifolium</i>			12		9	21	0,9	0,50
Clusaceae	<i>Hypericum</i>	<i>aciculare</i>		18				18	0,8	0,31
Ericaceae	<i>Disterigma</i>	<i>sp</i>			6		12	18	0,8	0,00
Asteraceae	<i>Diplostephium</i>	<i>sp</i>	5	1	4	2	5	17	0,7	3,25
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>salicifolia</i>		6			8	14	0,6	0,75
Melastomataceae	<i>Brachyotum</i>	<i>confertum</i>	1	4	5	2		12	0,5	0,21
Rosaceae	<i>Gynoxys</i>	<i>miniphilla</i>	3	2	5			10	0,4	1,40
Ericaceae	<i>Gaultheria</i>	<i>strigosa</i>	2	5	2	1		10	0,4	0,25
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	<i>loxensis</i>	6	1	2			9	0,4	0,83
Pteridaceae	<i>Jamesonia</i>	<i>goudotii</i>		6				6	0,3	0,21
Asteraceae	<i>Pentacalia</i>	<i>sp</i>				6		6	0,2	0,00
Poaceae	<i>Holcus</i>	<i>lanatus</i>	5					5	0,2	0,00
Asteraceae	CF	naphalium			3			3	0,1	2,07
Total general			525	537	398	455	572	2487	100	100

Anexo 6. Datos florísticos en el páramo de pajonal Soldados

Familia	Genero	Especie	Parcelas					Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
			1	2	3	4	5			
Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	99	98	85	100	110	492	20,8	61,00
Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	76	59	88	92	94	409	17,3	15,50
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	12	26		46	64	148	6,2	0,83
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	10	2	26	27	47	112	4,7	1,00
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	27		26		59	112	4,7	0,75
Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>serpyllifolia</i>		30	36	28	16	110	4,6	0,81
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	18		21	29	36	104	4,4	1,00
Ericaceae	<i>Pernettya</i>	<i>prostrata</i>	42	12	14	15	18	101	4,3	0,75
Polygonaceae	<i>Monnina</i>	<i>crassifolia</i>		14	28	9	41	92	3,9	2,32
Liliaceae	<i>Orthrosantus</i>	<i>chimboracensis</i>	17			33	22	72	3,0	0,00
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>peruvianum</i>	22	40				62	2,6	1,15
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>	60					60	2,5	0,71
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>sp</i>	18	8	12	15		53	2,2	1,56
Asteraceae	<i>Hieracium</i>	<i>frigidum</i>				52		52	2,2	0,49
Asteraceae	<i>Hypochaeris</i>	<i>sp</i>	12	7	9	3	17	48	2,0	1,14
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>ecuadodorensis</i>	25		16			41	1,7	0,58
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>fissifolia</i>			18	10		28	1,2	0,70
Pteridaceae	<i>Jamesonia</i>	<i>goodotii</i>		15		12		27	1,1	0,50
Campanulaceae	<i>centrofum</i>	<i>sp</i>	25					25	1,1	0,00
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	24					24	1,0	0,50
Lentibularaceae	<i>Pinguicula</i>	<i>caliptrata</i>			4		19	23	1,0	0,75
Rubiaceae	<i>Galium</i>	<i>hypocarpium</i>	9	14				23	1,0	0,75
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>miniphylla</i>	2	3	4	7	3	19	0,9	1,75
Clusaceae	<i>Hypericum</i>	<i>aciculare</i>			12		9	21	0,9	0,00
Melastomataceae	<i>Brachyotum</i>	<i>jamesonni</i>				19		19	0,8	0,21
Asteraceae	<i>Diplostephium</i>	<i>sp3</i>	3	2	8	3	3	19	0,8	2,50
clusaceae	<i>Hypericum</i>	<i>lancioides</i>		18				18	0,8	0,31
Ericaceae	<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>			6		12	18	0,8	0,00
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>salicifolia</i>		6			8	14	0,6	0,75
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	<i>loxensis</i>	6	1	2			9	0,4	0,83
Ericaceae	<i>Vaccinium</i>	<i>sp</i>		4		2		6	0,3	0,25
Clusaceae	<i>Hypericum</i>	<i>dodecandrum</i>	2	1			2	5	0,2	0,00
Asteraceae	CF	<i>naphalium</i>	5					5	0,2	0,50
Total general			514	360	415	502	580	2371	100	100

Anexo 7. Datos florísticos en el páramo de pajonal Tomebamba

Familia	Genero	Especie	Parcelas					Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
			1	2	3	4	5			
Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	104	154	175	146	120	699	28,4	57,0
Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>	100			39	84	223	9,1	1,6
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>acetosella</i>	29	38	12	20	32	131	5,3	0,8
Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>lutea</i>	15	17	22	14	10	78	3,2	3,8
Asteraceae	<i>Werneria</i>	<i>nubigena</i>	14	16	14	13	19	76	3,1	7,9
Ericaceae	<i>Pernettya</i>	<i>prostrata</i>	15	5	18	16	21	75	3,1	1,5
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	7	12	9	31	14	73	3,0	2,0
Asteraceae	<i>Hieracium</i>	<i>frigidum</i>	12	15	8	10	18	63	2,6	1,5
Asteraceae	<i>Dorobaea</i>	<i>pimpinellifolia</i>	13	9	11	16	9	58	2,4	0,8
Scrophulariaceae	<i>Bartsia</i>	<i>pedicularioides</i>	12	8	10	15	12	57	2,3	0,0
Asteraceae	<i>Gynoxis</i>	<i>miniphylla</i>	7	8	13	9	19	56	2,3	0,0
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>sp2</i>				56		56	2,3	0,8
Polygonaceae	<i>Monnina</i>	<i>crassifolia</i>	10	8	12	10	15	55	2,2	0,0
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	15	8	5	21	3	52	2,1	0,0
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hisipomia</i>	15	8	5	21	3	52	2,1	0,3
Liliaceae	<i>Orthrosantus</i>	<i>chimboracencis</i>	12	8	12	15	5	52	2,1	0,5
Asteraceae	<i>Perezia</i>	<i>pungens</i>	12	7	9	3	17	48	2,0	1,1
Clusaceae	<i>Hipericum</i>	<i>dodecandrum</i>	12	7	9	3	17	48	2,0	1,1
Gentianaceae	<i>Gentiana</i>	<i>ceratoides</i>	12	17	5	3	9	46	1,9	0,0
Melastomataceae	<i>Brachyotum</i>	<i>jamesonii</i>	10	15	8	7	3	43	1,8	3,8
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>mycrophillia</i>	21		4		15	40	1,6	0,0
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>sp</i>	5	10	12	5	6	38	1,5	0,9
Lentibularaceae	<i>Pinguicula</i>	<i>caliptrata</i>	8	9	2	10	8	37	1,5	0,5
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	5	8	6	9	2	30	1,2	8,0
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>fissifolia</i>	23			5	1	29	1,2	0,0
Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>humile</i>	8	6		10	4	28	1,1	0,0
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>chionophila</i>	5	7	3	4	8	27	1,1	1,3
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	5	4	5	1	8	23	0,9	0,1
Apiaceae	<i>Daucus</i>	<i>montana</i>	5	3	5	2	5	20	0,8	0,0
Asteraceae	<i>Loricaria</i>	<i>sp</i>		15		2		17	0,8	0,0
Asteraceae	<i>Pentacalia</i>	<i>vacciniodes</i>	3	7	2	5	1	18	0,7	2,5
Asteraceae	<i>Diplostephium</i>	<i>sp</i>	2	1	5	2	7	17	0,7	0,0
Asteraceae	CF	<i>naphalium</i>	5	2	6			13	0,5	0,0
Melastomataceae	<i>Brachyotum</i>	<i>confertum</i>	5	4	3			12	0,5	0,0
Cyperaceae	<i>Oreobolus</i>	<i>sp</i>				5	7	12	0,5	0,0
Rubiaceae	<i>Galium</i>	<i>hypocarpium</i>	5		2	1	3	11	0,4	0,0
Asteraceae		<i>sp</i>		5			1	6	0,2	0,0
Ericaceae	<i>Gaultheria</i>	<i>sp</i>				6		6	0,2	0,0
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>sedifolia</i>				6		6	0,2	0,0

Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>rapunculoides</i>	5			5	0,2	0,0	
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>diffusum</i>			5	5	0,2	0,7	
Asteraceae	<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>	3			3	0,1	0,5	
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>sp</i>	2	1		3	0,1	0,0	
Poaceae	<i>Puya</i>	<i>compacta</i>			3	3	0,1	0,8	
Asteraceae	<i>Chuquiraga</i>	<i>jussieui</i>		2		2	0,1	0,0	
Ericaceae	<i>Gaultheria</i>	<i>sp</i>	2			2	0,1	0,3	
Ericaceae	<i>Vaccinium</i>	<i>floribundum</i>		2		2	0,1	0,0	
Scrophulariaceae	<i>Pedicularis</i>	<i>incurva</i>			1	1	0,0	0,0	
Ranunculaceae	<i>Oreathes</i>	<i>sp</i>			4	3		0,0	
Total general			538	446	417	549	514	2457	100

Anexo 8. Datos florísticos en el páramo de pajonal de Angas

Familia	Genero	Especie	Parcelas					Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
			1	2	3	4	5			
Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>intermedia</i>	158	160	180	129	152	779	36,5	62,3
Ericaceae	<i>Vaccinium</i>	<i>floribundum</i>	32	25	13	8	12	90	4,2	1,3
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	28	21	9	12	8	78	3,7	2,0
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	21		18	19	15	73	3,4	2,3
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	16	20	15	9	11	71	3,3	6,3
Rosaceae	<i>Potentilla</i>	<i>dombeyi</i>	9	16	8	15	12	60	2,8	0,0
Asteraceae	<i>Hieracium</i>	<i>frigidum</i>	11	15	13		12	51	2,4	0,0
Asteraceae	<i>Gynoxys</i>	<i>miniphylla</i>	6	9	8	11	14	48	2,3	2,0
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>phaeotricha</i>	7	9	12	9	11	48	2,3	3,4
Rosaceae	<i>Hesperomeles</i>	<i>obtusifolia</i>	5	16	5	7	11	44	2,1	0,0
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>australis</i>	9	15			19	43	2,0	0,0
Gentianaceae	<i>Halenia</i>	<i>weddelliana</i>	18	9			12	39	1,8	0,0
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum</i>	<i>vernicosum</i>	8	10	7	5	9	39	1,8	0,0
Geranaceae	<i>Geranium</i>	<i>sibaldoides</i>	15	12			11	38	1,8	0,0
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>chionophila</i>	25	8			5	38	1,8	0,0
Gentianaceae	<i>Gentiana</i>	<i>sedifolia</i>	8	16			12	36	1,7	0,5
Asteraceae	<i>Dorobaea</i>	<i>pimpinellifolia</i>	5		7	12	11	35	1,6	0,0
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>sp</i>	3	5	6	12	9	35	1,6	0,0
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>sp</i>	2	20			11	33	1,5	0,0
Polygonaceae	<i>Monina</i>	<i>crassifolia</i>	9	8			13	30	1,4	2,8
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>hyssopofila</i>	8	11			9	28	1,3	0,0
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>rapunculoides</i>	16				12	28	1,3	0,0
Geranaceae	<i>Geranium</i>	<i>multipartin</i>	15	6	5	2		28	1,3	0,5
Lentibularaceae	<i>Pinguicula</i>	<i>caliptrata</i>	12				15	27	1,3	2,4
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>pygmea</i>			15	12		27	1,3	2,2
Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>lutea</i>			13	11		24	1,1	1,6
Gentianaceae	<i>Gentianella</i>	<i>sedifolia</i>			15	9		24	1,1	1,6
Scrophulariaceae	<i>Bartsia</i>	<i>pedunculares</i>	12				12	24	1,1	0,0
Cyperaceae	<i>Uncania</i>	<i>sp</i>	5	6	3	9		23	1,1	0,0
Iridaceae	<i>Sisyrinchium</i>	<i>paluste</i>			15	8		23	1,1	0,0
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>sp</i>	8				14	22	1,0	1,0
Poaceae	<i>Neurolepis</i>	<i>villosa</i>	12				9	21	1,0	0,0
Asteraceae	<i>Displostephium</i>	<i>ericoides</i>			12	8		20	0,9	0,0
Asteraceae	<i>Hypochaeris</i>	<i>sessiflora</i>			15	5		20	0,9	0,0
Ericaceae	<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>			8	12		20	0,9	0,0
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	<i>cernua</i>			13	7		20	0,9	1,0
Asteraceae	<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>			9	8		17	0,8	0,8
Rubiaceae	<i>Galium</i>	<i>hypocarpium</i>			6	8		14	0,7	1,0
Asteraceae	<i>Diplostephium</i>	<i>sp3</i>	1	3	5	1	4	14	0,6	2,6
Asteraceae	<i>Werneria</i>	<i>nubigena</i>			12			12	0,6	0,0
Asteraceae	<i>Loricaria</i>	<i>thuyoides</i>			11			11	0,5	0,0
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>arbutipholium</i>	5	2	2	1		10	0,5	1,4
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>			8			8	0,4	0,0

Bromeliaceae	<i>Puya</i>	<i>clava</i>	1			1	2	0,1	0,0
Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>bonplandianum</i>					0	0,0	1,0
Total general			300	237	275	212	282	1306	100

Anexo 9. Datos florísticos en el páramo de almohadillas de Soldados

Genero	Especie	Parcelas				Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
		1	2	3	4			
Plantago	<i>rigida</i>	160	60	30	20	270	21,1	19,0
Eryngium	<i>humille</i>	12	45	12	40	109	8,5	14,4
Valeriana	<i>rigida</i>	29	40			69	5,4	8,4
Gentianella	<i>hirculis</i>	4	29	15	4	52	4,1	7,1
Halenia	<i>serpyllifolia</i>	11	18	12	15	56	4,4	5,5
Dorobaea	<i>pimpinollifolia</i>	12	9	6		27	2,1	4,6
Oxalis	<i>phaeotricha</i>	1	13	25	1	40	3,1	4,4
Xenophyllum	<i>sp</i>	12	12	6	24	54	4,2	4,4
Rumex	<i>acetocella</i>	15	6		5	11	0,9	4,0
Castilleja	<i>fissifolia</i>	37	7			44	3,4	3,9
Pinguicula	<i>calyptrata</i>	8	9	12		29	2,3	3,2
Gentiana	<i>sedifolia</i>		10	14	9	33	2,6	3,0
Viola	<i>pygmea</i>	1	27		6	34	2,7	2,8
Orytrophium	<i>peruvianum</i>	8	16	13		37	2,9	2,8
Orytrophium	<i>crocifolium</i>	1			8	9	0,7	2,8
Werneria	<i>nubigena</i>	10				10	0,8	2,7
Baccharis	<i>genistelloides</i>	30	24			54	4,2	1,6
Werneria	<i>pygmaea</i>	35				35	2,7	1,3
Lachemilla	<i>hispidula</i>	5	9			14	1,1	1,1
Hypericum	<i>acuciculare</i>	48				48	3,8	1,1
Sisyrinchium	<i>palustre</i>	5	12			17	1,3	0,8
Plantago	<i>linearis</i>	10				10	0,8	0,6
Epilodium	<i>denticulatum</i>	43				43	3,4	0,5
Hupercia	<i>crassa</i>		12			12	0,9	0,0
Hypochaeris	<i>sessiflora</i>	1			1	2	0,2	0,0
loricaria	<i>thuyoides</i>	5	6	2		13	1,0	0,0
Lachemilla	<i>orbiculata</i>	1			1	2	0,2	0,0
Lycopodium	<i>sp1</i>				12	12	0,9	0,0
Lycopodium	<i>sp2</i>	11				7	0,9	0,0
Rynchospora	<i>sp</i>	3	2		2	7	0,5	0,0
Werneria	<i>rocea</i>	26			26	52	4,1	0,0
Xiris	<i>sp</i>	1				1	0,1	0,0
Orthrusantus	<i>chimborazensis</i>	14				14	1,1	0,0
Valeriana	<i>microphylla</i>	2	5	5	9	21	1,6	0,0
Chysactinium	<i>acalo</i>	1	5	2		8	0,6	0,0
Geranium	<i>sp</i>	2	3	5	2	12	0,9	0,0
Total general		594	364	145	175	1268	100	100

Anexo 10. Datos florísticos en el páramo de almohadillas de Tomebamba

Genero	Especie	Parcelas				Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
		1	2	3	4			
<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	132	85	107	93	417	15,3	17,3
<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	69	57	123	111	360	13,2	15,0
<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	52	40	82	32	206	7,6	11,3
<i>Halenia</i>	<i>sp</i>	53	52	48	35	188	6,9	1,0
<i>Plantago</i>	<i>linearis</i>	58	45	37	28	168	6,2	7,2
<i>Gentiana</i>	<i>sedifolia</i>	39	43	35	34	151	5,6	3,2
<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	44	42	36	22	144	5,3	8,3
<i>Gentianella</i>	<i>rapunculoides</i>	23	45	35	22	125	4,6	4,5
<i>Geranium</i>	<i>sp</i>	17		32	44	93	3,4	1,0
<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>	23	21	32	7	83	3,1	3,8
<i>Dorobaea</i>	<i>pimpinollifolia</i>	17	19	16	23	75	2,8	0,5
<i>Ranunculus</i>	<i>praemorsus</i>	12	24	15	23	74	2,7	4,5
<i>Xenophyllum</i>	<i>sp</i>	28		11	24	63	2,3	1,0
<i>Sisyrinchium</i>	<i>palustre</i>	17	12	16	10	55	2,0	6,5
<i>Rumex</i>	<i>acetocella</i>	19	4	7	19	49	1,8	3,0
<i>Vaccinium</i>	<i>floribundum</i>		30	18		48	1,8	1,8
<i>Diplostegium</i>	<i>ericoides</i>	5		15	21	41	1,5	2,4
<i>Werneria</i>	<i>sp</i>	15	10	1	14	40	1,5	0,2
<i>Festuca</i>	<i>sp</i>	15	12	12	15	39	1,4	0,0
<i>Uncinia</i>	<i>sp</i>	23	10			33	1,2	0,7
<i>Viola</i>	<i>pygmea</i>	23	10			33	1,2	0,7
<i>Orytrophium</i>	<i>peruvianum</i>		14	16		30	1,1	1,9
<i>Viola</i>	<i>pygmaea</i>	4	12	5	7	28	1,0	0,0
<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	24				24	0,9	1,4
<i>Geum</i>	<i>peruvianum</i>	21				21	0,8	0,2
<i>Oreobulus</i>	<i>sp</i>	21				21	0,8	0,6
<i>Epilodium</i>	<i>dentalatum</i>	21				21	0,8	0,6
<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	2	5	5	7	19	0,7	0,5
<i>Vaccinium</i>	<i>sp3</i>	6				18	0,7	1,4
<i>Geranium</i>	<i>multipartitum</i>		15			15	0,6	0,2
<i>Hypericum</i>	<i>dodecandrum</i>	2	5		7	14	0,5	0,0
<i>Orthrosnatus</i>	<i>chimborazencis</i>	12				12	0,4	0,2
<i>Geranium</i>	<i>maniculatum</i>	5				5	0,2	0,1
<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>	4				4	0,1	0,0
Total general		806	612	704	598	2717	100	100

Anexo 11. Datos florísticos en el páramo de almohadillas de Miguir

Genero	Especie	Parcelas				Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
		1	2	3	4			
<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	100	153	155	100	508	35,8	19,5
<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	21	152	105	124	402	15,4	19,5
<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	17	30	60	51	158	6,0	3,9
<i>Gentianella</i>	<i>cerastioides</i>	35	40	15	27	117	4,5	2,9
<i>Lachemilla</i>	<i>hispidula</i>	19	39	19	23	100	3,8	3,1
<i>Sisyrinchium</i>	<i>palustre</i>	27		34	28	89	3,4	2,1
<i>Gentiana</i>	<i>sedifolia</i>	17	22	10	36	85	3,2	4,1
<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>	20	10	17	34	81	3,1	2,7
<i>Pinguicula</i>	<i>calyprata</i>	24	22		32	78	3,0	2,3
<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>	24	19	16		59	2,3	1,0
<i>Ranunculus</i>	<i>sp</i>	28	6		21	55	2,1	2,0
<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>	25	11	16		52	2,0	2,0
<i>Halenia</i>	<i>sp</i>	9	11		32	52	2,0	3,2
<i>Gentianella</i>	<i>rapunculoides</i>	14		5	22	41	1,6	2,8
<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>	15		11	10	36	1,4	1,3
<i>Castilleja</i>	<i>sp</i>	33				33	1,3	0,9
<i>Pedicularis</i>	<i>incurva</i>	12	19			31	1,2	1,3
<i>Hypochaeris</i>	<i>sessiflora</i>	14	14			28	1,1	1,4
<i>Baccharis</i>	<i>caespitosa</i>	25				25	1,0	0,6
<i>Lupinus</i>	<i>microphyllus</i>	19	4			23	0,9	0,8
<i>Plantago</i>	<i>antharium</i>				21	21	0,8	0,7
<i>Bartsia</i>	<i>pedicularioides</i>	19				19	0,7	0,0
<i>Cerastium</i>	<i>sp</i>	17				17	0,6	0,9
<i>Monnina</i>	<i>crassifolia</i>	17				17	0,6	0,4
<i>Geranium</i>	<i>sp</i>	16				16	0,6	0,6
<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	15	12	16	22	16	0,6	19,0
<i>Trifolium</i>	<i>repens</i>	15				15	0,6	0,0
<i>Huperzia</i>	<i>crassa</i>	12				12	0,5	1,1
Total general		609	564	479	583	2186	100	100

Anexo 12. Datos florísticos en el páramo de almohadillas de Angas

Genero	Especie	Parcelas				Total Individuos	Abundancia %	Cobertura %
		1	2	3	4			
<i>Plantago</i>	<i>rigida</i>	192	154	164	244	754	20,3	26,8
<i>Eryngium</i>	<i>humille</i>	107	197	212	237	753	20,2	31,0
<i>Valeriana</i>	<i>rigida</i>	182	177	111	220	690	18,5	31,5
<i>Halenia</i>	<i>wedddeliana</i>	42	64	27	32	165	4,4	0,9
<i>Gentianella</i>	<i>hirculis</i>	40	56	25	21	142	3,8	2,6
<i>Gentianella</i>	<i>rapunculooides</i>	61		24	17	102	2,7	1,0
<i>Orytrophium</i>	<i>crocifolium</i>	26	26	23	17	92	2,5	0,2
<i>Sisyrinchium</i>	<i>palustre</i>	19	29	15	24	87	2,3	0,2
<i>Gentiana</i>	<i>sedifolia</i>	10	25	28	21	84	2,3	0,8
<i>Licopodium</i>	<i>sp</i>	33	20	13	14	80	2,2	0,2
<i>Ranunculus</i>	<i>sp</i>	33	20	13	14	80	2,2	0,2
<i>Geranium</i>	<i>multipartitum</i>	30		20	21	71	1,9	0,9
<i>Gentianella</i>	<i>cerastioides</i>	23	25		17	65	1,7	0,4
<i>Disterigma</i>	<i>empetrifolium</i>	30	17	14		61	1,6	0,5
<i>Hypericum</i>	<i>aciculare</i>	20		22	18	60	1,6	0,2
<i>Loricaria</i>	<i>sp</i>	22	12	15	10	59	1,6	1,5
<i>Hypochaeris</i>	<i>sessiflora</i>	6		25	20	51	1,4	0,2
<i>Loricaria</i>	<i>thuyoides</i>		17	14	17	48	1,3	0,0
<i>Werneria</i>	<i>sp</i>		17	14	17	48	1,3	0,0
<i>Oreobulus</i>	<i>sp</i>	19		19		38	1,0	0,5
<i>Chysactium</i>	<i>acaule</i>	24	13			37	1,0	0,0
<i>Lachemilla</i>	<i>sp</i>		19		18	37	1,0	0,1
<i>Apiaceae</i>	<i>sp</i>	10	7	8	9	34	0,9	0,5
<i>Baccharis</i>	<i>genistelloides</i>		32			32	0,9	0,2
<i>Geranium</i>	<i>maniculatum</i>	9	10	11		30	0,8	0,0
<i>Valeriana</i>	<i>microphylla</i>		20			20	0,5	0,0
Total general		938	957	817	1008	3720	100	100

Anexo 13. Rango de valores de Índices de Vegetación de los cuadrantes muestreados en Bosque altoandino

No. Cuadrante y lugar	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
1 Laviucu	4	0.45	0.48	0.46	0.02	0.44	0.49	0.46	0.02	0.53	0.64	0.57	0.05
2 Canoas y Jerez	4	0.34	0.39	0.37	0.02	0.53	0.77	0.68	0.10	0.39	0.53	0.46	0.06
3 Mazán	4	0.41	0.42	0.41	0.01	0.53	0.78	0.68	0.11	0.47	0.58	0.52	0.05

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.

Anexo 14. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Bosque de Quinuas

No. Cuadrante y lugar	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
1 Tomebamba	4	0.29	0.32	0.31	0.02	0.02	0.33	0.22	0.15	-0.02	0.14	0.18	0.07
2 Angas	4	0.26	0.29	0.28	0.02	0.19	0.37	0.25	0.08	0.15	0.28	0.23	0.06
3 Soldados	4	0.25	0.27	0.26	0.01	0.29	0.36	0.33	0.03	0.41	0.61	0.49	0.09

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.

Anexo 15. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Páramo de Pajonal

No. Cuadrante y lugar	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
1 Taitachugo	4	0.13	0.17	0.15	0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.01	-0.07	-0.02	-0.04	0.02
2 Taitachugo	4	0.17	0.21	0.19	0.02	-0.05	0.03	-0.02	0.04	0.01	0.17	0.06	0.07
3 Taitachugo	4	0.15	0.18	0.16	0.02	-0.01	0.02	0.00	0.02	-0.08	-0.05	-0.06	0.01
4 Taitachugo	4	0.20	0.24	0.22	0.01	0.06	0.19	0.11	0.06	0.14	0.21	0.17	0.03
5 Tomebamba	6	0.21	0.24	0.22	0.01	0.07	0.15	0.11	0.03	0.06	0.17	0.12	0.05
10 Tomebamba	4	0.11	0.14	0.13	0.02	-0.09	0.04	-0.02	0.05	-0.17	0.03	-0.08	0.08
11 y 13 Tomebamba	4	0.12	0.17	0.15	0.02	-0.07	-0.01	-0.05	0.03	-0.04	0.19	0.06	0.11
12 y 16 Tomebamba	4	0.10	0.14	0.11	0.02	-0.11	-0.04	-0.07	0.03	-0.15	-0.08	-0.12	0.03
14 Tomebamba	4	0.10	0.15	0.13	0.03	-0.05	-0.03	-0.04	0.01	-0.15	-0.10	-0.14	0.02
15 Tomebamba	4	0.13	0.14	0.13	0.01	-0.09	-0.01	-0.05	0.03	-0.11	-0.06	-0.09	0.02
6 Soldados	4	0.14	0.15	0.14	0.01	-0.08	-0.02	-0.05	0.03	-0.09	-0.06	-0.07	0.01
7 Soldados	4	0.15	0.17	0.16	0.01	-0.24	-0.06	-0.19	0.09	-0.07	-0.07	-0.07	0.00
8 Soldados	4	0.10	0.13	0.11	0.01	-0.05	-0.02	-0.03	0.01	-0.11	-0.08	-0.10	0.01
9 Soldados	4	0.10	0.14	0.11	0.02	-0.01	0.05	0.01	0.03	-0.05	-0.02	-0.04	0.02
17, 18 y 19 Angas	4	0.10	0.13	0.11	0.01	-0.22	-0.05	-0.15	0.07	-0.16	-0.10	-0.13	0.03
20 y 21 Angas	4	0.11	0.12	0.11	0.01	-0.01	0.16	0.07	0.07	0.11	0.19	0.14	0.04

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.

Anexo 16. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Páramo de Almohadillas

No. Cuadrante y lugar	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
5, 6, 7, 8													
Tomebamba	4	0.36	0.42	0.38	0.03	0.27	0.32	0.30	0.02	0.17	0.30	0.26	0.06
9,10 Miguir	4	0.38	0.43	0.40	0.03	0.32	0.48	0.41	0.07	0.15	0.34	0.27	0.09
11, 12 Miguir	4	0.40	0.44	0.42	0.02	0.31	0.35	0.33	0.02	0.22	0.31	0.26	0.04
13, 14 Miguir	4	0.36	0.40	0.38	0.01	0.18	0.32	0.27	0.07	0.12	0.27	0.22	0.07
15, 16 Angas	4	0.36	0.40	0.38	0.02	0.29	0.34	0.32	0.02	0.21	0.37	0.29	0.09
1 Soldados	4	0.33	0.37	0.34	0.02	0.27	0.32	0.29	0.03	0.15	0.26	0.22	0.05
2 Soldados	4	0.29	0.39	0.34	0.05	0.12	0.33	0.26	0.10	0.11	0.36	0.23	0.12
3 Soldados	4	0.33	0.35	0.34	0.01	0.02	0.28	0.14	0.13	0.06	0.38	0.25	0.14
4 Soldados	4	0.26	0.29	0.28	0.02	0.06	0.18	0.14	0.06	0.01	0.20	0.13	0.08

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.

Anexo 17. Rango de valores de Índices de Vegetación de parcelas piloto Pastos y Cultivos

No. Cuadrante y lugar	Píxeles	Índice de Vegetación (NDVI)											
		Imagen 15 oct 91				Imagen 09 ene 2000				Imagen 03 nov 2001			
		L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$	L	C	x	$\pm\sigma$
1	4	0.53	0.21	0.56	0.01	0.15	0.32	0.22	0.08	0.21	0.28	0.25	0.03
2	4	0.56	0.67	0.58	0.02	0.64	0.66	0.65	0.01	0.67	0.71	0.68	0.02
3	4	0.34	0.14	0.35	0.01	0.39	0.51	0.46	0.06	0.14	0.29	0.18	0.07
4	4	0.43	0.33	0.48	0.04	0.35	0.38	0.36	0.01	0.33	0.39	0.35	0.03
5	4	0.47	0.39	0.48	0.02	0.20	0.51	0.34	0.13	0.39	0.57	0.50	0.08

LC = Límites superior e inferior de NDVI.

$x\pm\sigma$ = Valor promedio de NDVI \pm desviación estándar.