



**Facultad de Ciencias.  
Departamento de Biología.  
Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas.**



**Autor: Br. Juan Carlos Ramírez Graterol.  
Tutor: M.Sc. Anairamiz Aranguren.  
Cotutor: Dr. Mario Fariñas**

**Mérida - Venezuela, 2005.**



**INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DEL BACHILLER**

**JUAN CARLOS RAMÍREZ G.**

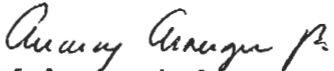
En Mérida a los 07 días del mes de julio del 2005, a las 9:00 a.m. se reunieron los Profesores: Anairamiz Aranguren, Mario Fariñas, de la Facultad de Ciencias y Miguel Cabeza, del CIDIAT, miembros del jurado nombrado por el Consejo de la Facultad de Ciencias, para revisar el Trabajo Especial de Grado que sobre el tema: " Estudio de la Fitodiversidad de localidades sometidas a un proceso de intervención como consecuencia de la disposición final de desechos sólidos en el Estado Mérida" presentado por el Bachiller JUAN CARLOS RAMÍREZ GRATEROL., titular de la Cédula de Identidad N° V- 11.894.441, para optar al título de:

**LICENCIADO EN BIOLOGIA**

en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Acto seguido se procedió a oír la exposición que sobre el tema arriba mencionado realizó el Bachiller JUAN CARLOS RAMÍREZ GRATEROL.

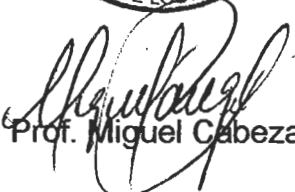
**Después del correspondiente interrogatorio, el Jurado procedió a deliberar sobre la calificación del trabajo sometido a su consideración.**

**Finalmente el Jurado lo declaró aprobado con la Calificación de Diecinueve (19) puntos.**

  
Prof. Anairamiz Aranguren  
Tutora



  
Prof. Mario Fariñas

  
Prof. Miguel Cabeza

Nancy Gaviña  
07-07-05

**DEDICATORIA**

*A Dios Todo Poderoso,  
por ser esa luz que siempre me ilumino.*

*A mis Padres.*

## **AGRADECIMIENTOS**

La elaboración de este proyecto de Tesis de Grado fue posible gracias al financiamiento otorgado por el CDCHT (Proyecto: C-1289-04F).

Al Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, por prestarme sus instalaciones para la realización del proyecto.

Quiero expresar mis más profundos agradecimientos a mi tutora: Anairamiz Aranguren por su apoyo incondicional, así como también por su confianza y seguridad en el éxito del resultado final de este proyecto de formación académica.

A mi cotutor: Mario Fariñas, por ser ese amigo que comparte sus conocimientos sin esperar nada a cambio.

A los profesores Scorza, Cabeza y Unshelm por su colaboración.

Al chamo Eulogio, por su asesoría en el análisis de resultados y por su enorme apoyo en todo sentido desde el principio del proyecto.

A mis Padres y hermanos, quienes han sido mis amigos y apoyo en todos los momentos de mi vida, brindándome fuerza para salir adelante.

A Isis por ser ese pilar fundamental que siempre estuvo allí en el final de este logro. Gracias corro...

A mis amiguchos Alex, Miguelito, Alma, Paulita y Maribel, por ser personas incondicionales que cuando se les necesita siempre están allí, por encima de su amistad.

A Leo por ser esa persona generosa, servicial que me apoyo en la finalización de este proyecto, y lo más importante por su amistad. Por eso y muchas cosas más tendrás mis agradecimientos y amistad por siempre.

A Edjuly y Pablo, por compartir todas sus experiencias, por acompañarme al páramo y por ser dos personas muy especiales.

A todas aquellas instituciones y personas que de una u otra manera ayudaron a la realización de este proyecto

# ÍNDICE

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>Índice de Figuras</b>   | VIII          |
| <b>Índice de Tablas</b>  | X             |
| <b>Resumen</b>   | XI            |
| <br>   |               |
| Capitulo 1: INTRODUCCIÓN   | 12            |
| 1.1. Diversidad biológica  | 12            |
| 1.2. Sitios de disposición final de desechos sólidos a cielo abierto | 13            |
| 1.3. Impacto Ambiental   | 14            |
| 1.3.1. Tipología de los Impactos Ambientales                         | 16            |
| 1.3.1.1. La variación de la calidad del ambiente                     | 16            |
| 1.3.1.2. Por la intensidad o grado de destrucción                    | 17            |
| 1.3.1.3. Por la extensión  | 17            |
| 1.3.1.4. Por su capacidad de recuperación                            | 18            |
| 1.4. Teoría de sucesión ecológica                                    | 18            |
| <br>   |               |
| Capítulo 2: ÁREA DE ESTUDIO  | 20            |
| 2.1. Sector Piedras Blancas  | 20            |
| 2.2. Sector La Escalera  | 22            |
| <br>   |               |
| Capitulo 3: HIPÓTESIS  | 25            |
| <br>   |               |
| Capitulo 4: OBJETIVOS  | 26            |
| 4.1. Objetivo General  | 26            |
| 4.2. Objetivos Específicos   | 26            |
| <br>   |               |
| Capitulo 5: METODOLOGÍA  | 27            |
| 5.1. Muestreos   | 27            |

|  |    |
|--|----|
| 5.2. Procesamiento de datos  | 31 |
| 5.2.1. Índices de Diversidad   | 31 |
| 5.2.2. Números de Hill   | 33 |
| 5.2.3. Índice de Similitud Florística  | 34 |
| 5.2.4. Medición de Dominancia-Diversidad de especies   | 35 |
| 5.2.5. Análisis de Componentes Principales (ADC)   | 37 |
| <br>   |    |
| Capitulo 6: RESULTADOS   | 38 |
| 6.1. Medición de la riqueza específica para las transectas   | 38 |
| 6.1.1. Piedras Blancas   | 38 |
| 6.1.2. La Escalera   | 40 |
| 6.2. Curva de saturación de especies   | 42 |
| 6.2.1. Piedras Blancas   | 42 |
| 6.2.2. La Escalera   | 46 |
| 6.3. Abundancia relativa de especies por transecta   | 50 |
| 6.3.1. Piedras Blancas   | 50 |
| 6.3.2 La Escalera  | 55 |
| 6.4. Medición de Dominancia-Diversidad de especies para un sitio de<br>disposición final de desechos sólidos | 59 |
| 6.4.1. Piedras Blancas   | 59 |
| 6.4.2 La Escalera  | 60 |
| 6.5. Índices de Diversidad   | 62 |
| 6.5.1. Piedras Blancas   | 63 |
| 6.5.2 La Escalera  | 64 |
| 6.6. Especies por segmento representadas a través de los números de Hill                                     | 65 |
| 6.6.1. Piedras Blancas   | 66 |
| 6.6.2 La Escalera  | 68 |
| 6.7. Índice de Similitud Florística  | 69 |
| 6.7.1. Piedras Blancas   | 69 |
| 6.7.2 La Escalera  | 70 |

|  |    |
|--|----|
| 6.8. Análisis de Componentes Principales (ADC) | 71 |
| 6.8.1. Piedras Blancas                         | 71 |
| 6.8.2 La Escalera                              | 72 |
| <br>   |    |
| Capítulo 7: CONCLUSIONES                       | 75 |
| <br>   |    |
| Capitulo 8: RECOMENDACIONES                    | 78 |
| <br>   |    |
| <b>Bibliografía</b>                            | 79 |
| <br>   |    |
| <b>Apéndice I</b>                              | 84 |
| <br>   |    |
| <b>Apéndice II</b>                             | 86 |
| <br>   |    |
| <b>Apéndice III</b>                            | 87 |
| <br>   |    |
| <b>Apéndice IV</b>                             | 89 |

## INDICE DE FIGURAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Figura 1. Climadiagrama para la zona Pico de Águila, Estado Mérida  | 21            |
| Figura 2. Climadiagrama de la zona de Lagunillas Estado Mérida  | 22            |
| Figura 3. Utilización de maquinaria pesada para el sector la Escalera   | 23            |
| Figura 4. Diseño de transecta para Piedras Blancas  | 27            |
| Figura 5. Diseño de transectas para La Escalera   | 28            |
| Figura 6. Posición de transectas en el sitio  | 29            |
| Figura 7. Vegetación intervenida y vegetación natural para ambas zonas  | 29-30         |
| Figura 8. Gráfica representativa de la función diversidad de la comunidad más cercana a la realidad               | 34            |
| Figura 9. Modelo para la distribución de abundancia por especie   | 36            |
| Figura 10. Boxplot para Piedras Blancas   | 39            |
| Figura 11. Riqueza específica para el sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto de Piedras Blancas | 39            |
| Figura 12. Boxplot para La Escalera   | 41            |
| Figura 13. Riqueza específica para el sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto de La Escalera     | 41            |
| Figura 14. Curva de saturación de especies de la Transecta 1 para Piedras Blancas                                 | 43            |
| Figura 15. Curva de saturación de especies de la Transecta 2 para Piedras Blancas                                 | 43            |
| Figura 16. Curva de saturación de especies de la Transecta 3 para Piedras Blancas                                 | 44            |
| Figura 17. Curva de saturación de especies de la Transecta 4 para Piedras Blancas                                 | 45            |
| Figura 18. Curva de saturación de especies de la Transecta 5 para Piedras Blancas                                 | 45            |
| Figura 19. Curva de saturación de especies de la Transecta 6 para Piedras Blancas                                 | 46            |
| Figura 20. Curva de saturación de especies de la Transecta 1 para La Escalera                                     | 47            |



|   |    |
|---|----|
| Figura 21. Curva de saturación de especies de la Transecta 2 para La Escalera   | 47 |
| Figura 22. Curva de saturación de especies de la Transecta 3 para La Escalera   | 48 |
| Figura 23. Curva de saturación de especies de la Transecta 4 para La Escalera   | 49 |
| Figura 24. Curva de saturación de especies de la Transecta 5 para La Escalera   | 49 |
| Figura 25. Curva de saturación de especies de la Transecta 6 para La Escalera   | 50 |
| Figura 26. Número de especies de la Transecta 1 para Piedras Blancas  | 51 |
| Figura 27. Número de especies de la Transecta 2 para Piedras Blancas  | 51 |
| Figura 28. Número de especies de la Transecta 3 para Piedras Blancas  | 52 |
| Figura 29. Número de especies de la Transecta 4 para Piedras Blancas  | 53 |
| Figura 30. Número de especies de la Transecta 5 para Piedras Blancas  | 54 |
| Figura 31. Número de especies de la Transecta 6 para Piedras Blancas  | 54 |
| Figura 32. Número de especies de la Transecta 1 para La Escalera  | 55 |
| Figura 33. Número de especies de la Transecta 2 para La Escalera  | 56 |
| Figura 34. Número de especies de la Transecta 3 para La Escalera  | 56 |
| Figura 35. Número de especies de la Transecta 4 para La Escalera  | 57 |
| Figura 36. Número de especies de la Transecta 5 para La Escalera  | 58 |
| Figura 37. Número de especies de la Transecta 6 para La Escalera  | 58 |
| Figura 38. Curvas de dominancia diversidad de las Transectas de Piedras Blancas ajustadas a un modelo para la distribución de especies      | 60 |
| Figura 39. Curvas de dominancia diversidad de las Transectas de La Escalera ajustadas a un modelo para la distribución de especies          | 62 |
| Figura 40. Números de Hill para las diferentes transectas en Piedras Blancas  | 67 |
| Figura 41. Números de Hill para las transectas del páramo de Piedras Blancas, adicionando una transecta natural realizada por Alvizú (2004) | 68 |
| Figura 42. Números de Hill para las diferentes transectas en La Escalera  | 69 |
| Figura 43. DCA para Piedras Blancas   | 72 |
| Figura 44. DCA para La Escalera   | 73 |

## INDICE DE TABLAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Tabla 1. Resumen de los índices de Diversidad para Piedras Blancas                                   | 63            |
| Tabla 2. Test de significancia ( $P<0.05$ ) de Shannon-Wiener para las transectas de Piedras Blancas | 64            |
| Tabla 3. Resumen de los índices de Diversidad para La Escalera                                       | 64            |
| Tabla 4. Test de significancia ( $P<0.05$ ) de Shannon-Wiener para las transectas de La Escalera     | 65            |
| Tabla.5. Coeficiente de similitud de Sørensen entre transectas                                       | 69            |
| Tabla 6. Coeficiente de similitud de Sørensen entre transectas                                       | 70            |

## RESUMEN

La biodiversidad es una propiedad de las comunidades que permite descifrar el impacto que los disturbios que causan en el ensamblaje de especies. Por la importancia que tiene la diversidad, se propone como objetivo cuantificar los cambios en la fitodiversidad vegetal en áreas afectadas por la disposición final de desechos sólidos a cielo abierto. Como método de muestreo se usó transectas de 64 metros de largo x 0.5 metros de ancho con unidades muestrales contiguas de 0.5 metros para Piedras Blancas y de 1 metro para La Escalera. Se determinó la diversidad, similitud florística y patrones de abundancias en dos sitios: uno de Páramo en la zona de Piedras Blancas, sitio ubicado a una altitud de 4224 msnm detrás de las torres repetidoras de CANTV, con un tiempo de abandono de 11 años y el otro en el Arbustal Espinoso en la zona de La Escalera, ubicado en la margen derecha del río Chama y la carretera la Variante-El Vigía aproximadamente a 4 Km al SO de caserío las González, con un rango de altitud comprendido entre los 750 y 900 msnm, que presenta un tiempo de abandono de 15 años luego de ser utilizadas ambas zonas como sitios de disposición de desechos sólidos. Los resultados muestran que para la zona del páramo la riqueza y la heterogeneidad disminuye con la perturbación. En la zona del Arbustal Espinoso encontramos que los valores de riqueza y heterogeneidad aumentan con relación a los sitios naturales.

# Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Diversidad biológica.

Definiciones amplias señalan que la biodiversidad puede ser entendida como “la variedad total de la vida en la tierra, ” o como el resultado final de cuatro billones de años de evolución, o también como la riqueza natural de la tierra. Otros autores son aun mas precisos, afirmando que “la diversidad biológica abarca todas las especies de plantas, animales y microorganismos y los ecosistemas y los procesos ecológicos de los cuales ellos forman parte.

Dentro de la ecología de comunidades se puede hablar de la diversidad vegetal o fitodiversidad (Rzedowski, 1992) aunque también se puede hablar de especies animales o de un grupo particular de estos (Péfaur, 1992; La Marca, 1992).

La biodiversidad es un resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en las existencia de diferentes modos de ser para la vida (Acevedo, 1998). Dado que una de las características de la vida son los cambios, dentro de los cuales las mutaciones y la selección generan diferentes formas y especies.

La biodiversidad es un tema de gran actualidad ampliamente discutido en diferentes foros internacionales como la Cumbre de la Tierra desde 1972, sin embargo se le debe dar un tratamiento cauteloso, ya que incluye dos aspectos diferentes. El primero es definir apropiadamente el término biodiversidad. El segundo aspecto, quizás mas utópico, es que por diversos motivos el hombre ha decidido aplicar las fronteras geopolíticas de nuestros países a la distribución de la biodiversidad del planeta Tierra, cuando lo mas racional hubiese sido respetar los limites naturales que posee la especie, ecosistemas y culturas, y utilizar conceptos más sentido biogeográfico (Acevedo, 1998).

Pinazzo (1994) menciona que este concepto aunque no es nuevo solo ha sido difundido en forma amplia hasta hace poco tiempo por lo que el término aun es confuso.

En el ámbito ecológico, la biodiversidad tiene dos expresiones bien definidas en el análisis de comunidades: la diversidad presente en un sitio o diversidad  $\alpha$  y la heterogeneidad espacial o diversidad  $\beta$ . La diversidad mide la riqueza y la

abundancia relativa de las especies, a través de los índices de Simpson, Shannon-Wiener y los números de Hill (Segnini, 1995).

Siendo más específicos, la diversidad no es solo el número de especies sino que incluye la abundancia relativa de estas especies, patrones o modelos de distribución, curvas de saturación de especies, índices de diversidad y modelos de análisis multivariados para describirla.

Analizar la biodiversidad como  $\alpha$  y  $\beta$  resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región, lugar o sitio no es suficiente y se requiere analizar las abundancias relativas de esas especies (Moreno, 2001).

Para poder observar el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en las comunidades naturales y modificadas (diversidad  $\alpha$ ) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre las distintas comunidades (diversidad  $\beta$ ). Esto sería lo ideal en estudios de conservación, impacto ambiental y en restauración ecológica.

La diversidad  $\alpha$  es una función de la cantidad de especies presentes en un mismo hábitat, y es el componente de la diversidad más importante y más comúnmente citado. La diversidad  $\beta$  es una medida del grado de partición del ambiente en parches o mosaicos biológicos, es decir, mide la contigüidad de hábitats diferentes en el espacio (Magurran, 1988).

La diversidad en la actualidad presenta una disminución de su valor como consecuencia de que el hombre después de la época de la civilización industrial ([www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)) utilizó al ambiente de manera despiadada llevando muchas especies a la extinción y algunas otras a una situación de peligro de extinción (Rodríguez y Rojas-Suárez, 1995).

## **1.2. Sitios de disposición final de desechos sólidos a cielo abierto.**

Un sitio de disposición final de desechos a cielo abierto, es un área donde son depositados todos aquellos desperdicios y/o materiales que para una comunidad o población humana no son útiles.

La basura o desechos son unas de las sustancias más abundantes en el planeta. La generación diaria por persona en el mundo podría estar llegando a 1,2 y hasta 3Kg. Esto indudablemente, requiere que se tomen medidas políticas acompañadas de criterios técnicos urgentes que nos permitan manejar de manera integral nuestros desechos (Unshelm, 2002). Dentro de estos criterios técnicos deberán considerarse aspectos de la biodiversidad como lo son la riqueza de especies, la presencia de especies endémicas, las abundancias relativas de esas especies, la diversidad  $\beta$ .

Según Tchobanoglous *et al.* (1994) los factores que limitan el crecimiento de la vegetación en los sitios de disposición final de desechos sólidos a cielo abierto, pueden ser:

- Toxicidad de las rizosferas, principalmente producidos por la descomposición de los desechos en el sitio abandonado
- Bajo suministro de oxígeno, donde muchos lugares de las cavidades del sustrato están ocupados por agua y gases atmosféricos.
- Baja capacidad de intercambio catiónico, relacionada con la capacidad de absorber y retener nutrientes por parte del sustrato.
- Bajo estatus de nutrientes, refiriéndose a la fertilidad del sustrato disponible por dichos nutrientes para el crecimiento vegetal.
- Baja capacidad para retener agua y baja humedad del sustrato, basándose en la textura y compactación del sustrato.
- Bajas y altas temperaturas del sustrato, caracterizado por temperaturas extremas que al final producen estrés en las plantas.
- Estructura del sustrato pobre, basándose en las partículas que constituyen el sustrato.

Hoy en día hay un cuerpo creciente de literatura publicada en los efectos de fragmentación hay una escasez particular de investigación en el impacto ambiente y en las tecnologías de la restauración para los fragmentos del bosques tropicales (Janzen, 1970) y otros ecosistemas.

Este mismo autor menciona que hay muchas bibliografía y muchos estudios que están engavetados en grandes bibliotecas, pero para el problema que afrontamos

hoy día no nos sirven para nada ya que son muy pocos los proyectos que se han desarrollado para verdaderos procesos de transformación y restauración.

Por otra parte, muchas reconstrucciones del paisaje todavía se diseñan por ingenieros y arquitectos del paisaje, y todavía los **ecólogos** no son considerados para ofrecer alternativas. Se necesitan así urgentemente contribuciones de ecólogos en la restauración crear una base científica sólida para el trabajo de la reconstrucción, y un aprovechamiento orientado en el crecimiento poblacional.

A partir de toda esta problemática suscitada sale a la vista el concepto de **“Impacto Ambiental”** definido según Gómez (1999) como la alteración que introduce una actividad humana en su entorno; este último concepto identifica la parte del ambiente afectada por la actividad, o más ampliamente que interacciona con ella. Por tanto el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiestan según tres facetas sucesivas:

- La modificación de algunos de los factores ambientales o del conjunto de sistemas ambientales.
- La modificación del valor del factor alterado o el conjunto de los sistemas ambientales.
- La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en el último término, para la salud y bienestar humano.

Particularmente, para el 2002 en el Estado Mérida existieron al menos 19 sitios en donde se depositaron los desechos sólidos a cielo abierto de los diferentes municipios del estado (Unshelm, 2002). De estos solo cuatro cumplen con los criterios y normativa vigente para ser llamados sitios de disposición final de desechos. Estos sitios de disposición de desechos sólidos a cielo abierto se encuentran a lo largo de los diferentes pisos de vegetación y unidades ecológicas del estado Mérida.

Unshelm (2002) en su recorrido por el Estado Mérida menciona que para los llamados municipios del área del páramo existió hace 11 años un sitio de disposición de desechos sólidos en el área de Piedras Blancas, ubicado en el Municipio Rangel. Consideramos que si el criterio de la biodiversidad hubiese sido empleado para el diseño de un sitio de disposición de desechos en esta área,

dada la baja riqueza de especies y la baja capacidad de recuperación de esta área, no hubiese sido seleccionado este sitio.

Este mismo autor menciona que en el municipio Sucre, específicamente en el ecosistema Arbustal Espinoso, ha sido frecuentemente seleccionado como área de disposición de desechos. Ejemplos de estos son la Zona de La Escalera, actualmente abandonado, y el actual relleno llamado El Balcón. La Escalera presenta un tiempo de abandono de 12 años con una alta riqueza de especies muchas de las cuales son cactus endémicas del estado Mérida y de la Cordillera de los Andes.

Particularmente, la afectación a la biodiversidad vegetal de un área natural, en sitios de disposición final de los desechos, plantea las siguientes interrogantes con miras a la búsqueda de las soluciones pertinentes: ¿Cuáles especies crecen en la vecindad de estos lugares?, ¿Cuales puedan usarse para recuperar estos lugares?, ¿Cómo es la sucesión ecológica que se inicia al clausurar un sitio de disposición final y como finaliza este proceso?, ¿Qué elementos del estudio de las comunidades vegetales pueden ser utilizados para restaurar estas áreas?.

#### **1.4. Teoría de sucesión ecológica.**

De acuerdo con la teoría de la sucesión ecológica inicialmente propuesta por Clements (1928), una de las características fundamentales de los ecosistemas es su dinamismo o la tendencia a evolucionar desde una etapa inestable hasta su estabilización, pasando por etapas denominadas etapas serales o sucesionales (Colinvaux, 1980; Begon *et al.*, 1999).

McCook (1994) menciona que existen cambios en la secuencia de las especies vegetales que aparecen a lo largo de las etapas de la sucesión ecológica, lo cual ha sido estudiado al menos por tres modelos teóricos diferentes. El primero propone dos tipos de especie; las pioneras y las tardías (McCook, 1994 citando a Clements, 1928). El segundo es propuesto por Grime (1974), quien define tres modelos de especies denominadas estrategias CSR: C (competidoras), S (estrés tolerantes) y R (ruderales). Y el tercer modelo más aceptado y empleado en estos momentos es el de Connell y Slatyer (1977) quienes hablan de especies



facilitadoras, inhibidoras y tolerantes, las cuales se sustituyen a lo largo de un eje de perturbación y stress causado por un disturbio.

En este trabajo consideramos que un sitio perturbado y sometido a estrés es un área natural que luego de varios años de ser utilizada para la disposición final de desechos sólidos a cielo abierto se abandona y se permite que ocurra una sucesión ecológica natural. Especialmente cuando no se realizaron obras de postclausura como la remoción de la capa vegetal, relleno de áreas donde ocurra hundimientos del terreno, construcción de una red de drenaje y de fumarolas para la salida de los gases producto de la descomposición de la materia orgánica.

En consecuencia, mientras los residuos colocados en los sitios de disposición de desechos sólidos a cielo abierto sigan produciendo gases y lixiviados productos de descomposición, y no sean eficientemente saneados estos sitios serán un problema ecológico para la fitodiversidad y para los animales que forman la comunidad.

Según Cabeza (2000) dentro de los criterios de saneamiento para un sitio de disposición final de los desechos sólidos deben considerarse etapas de diseño, operación, clausura, y etapa de postclausura. En nuestro caso las localidades que se estudiaron no tienen proyectos de postclausura ni tampoco cumplen las normativas antes mencionados. En los recorridos de campo para seleccionar el área de estudio se evidenció que en ambos lugares ya había una compactación parcial del material, existían lixiviados y era evidente la descomposición de muchos de los residuos sólidos allí presentes.

Este autor menciona que en estos sitios no se tienen estudios ecológicos que puedan complementar las bases de datos y proponer medidas con mayor sentido ecológico. Finalmente consideramos que estas medidas deben estar fundamentadas en la teoría de la sucesión ecológica ya que conocer las especies colonizadoras, facilitadoras, pioneras, tolerantes al stress, competidoras puede ayudar a dirigir el proceso de restauración ecológica de sitios perturbados como un sitio de disposición de desechos sólidos.

## **Capítulo 2: ÁREA DE ESTUDIO.**

El presente trabajo se desarrollo en el Estado Mérida (Venezuela), en dos unidades ecológicas, el Páramo Altiandino (Piedras Blancas) y el Arbustal Espinoso (La Escalera) (Ataroff y Sarmiento, 2003).

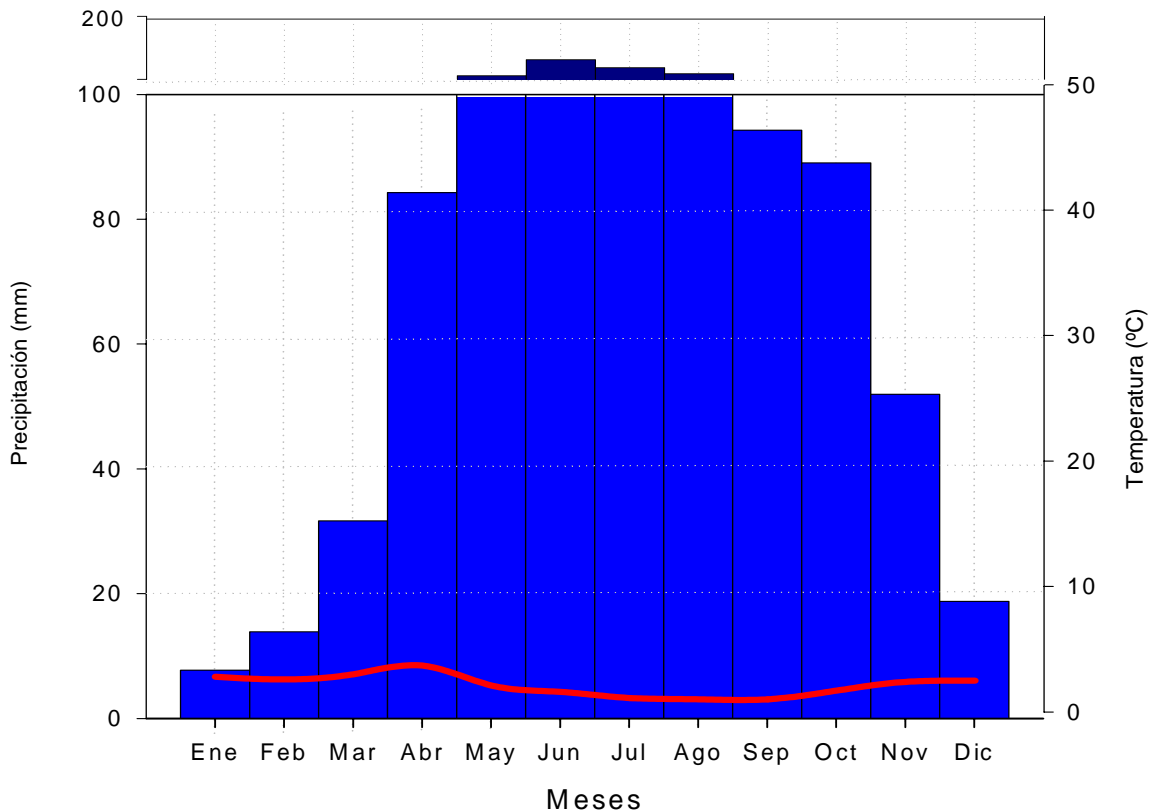
### **2.1. Sitio de Piedras Blancas.**

Este sitio esta ubicado a una altitud de 4224 msnm, detrás de las torres repetidoras de CANTV y fue escogido como parte de solución de un problema, pero iniciador de otro, ya que por estar colapsados los sitios de disposición de desechos sólidos de las poblaciones de Santo Domingo, Pueblo Llano, Mucuchíes y áreas aledañas fue creado éste sitio para la deposición de desechos sólidos.

El clima de Piedras Blancas es de tipo periglacial de latitudes bajas, que se caracteriza por presentar ciclos diarios de congelamiento y descongelamiento al ras del suelo (Monasterio, 1980a). Este proceso repetitivo de congelamiento y descongelamiento afecta fundamentalmente la morfogénesis del suelo por la alta movilidad de las partículas y fragmentos, a las que van modelando superficialmente el sustrato (Schubert, 1979).

En este lugar las temperaturas medias anuales oscilan alrededor de 2,8°C y la precipitación media anual de 798mm. El climadiagrama del área, elaborado con la metodología de Gaussen modificada por Walter y Medina (1971) y posteriormente por Chacón (com. pers.), muestra que la precipitación tiene una distribución marcadamente biestacional, con una estación relativamente seca comprendida entre Noviembre y Marzo; con valores de precipitación menores de 340 mm, para el mes más húmedo; y una estación húmeda comprendida entre Abril y Octubre con valores no menores de 100 mm en el mes seco (Fig.1).

En relación con la marcha anual de la temperatura, las mínimas mas bajas ocurren entre diciembre y marzo, aunque en cualquiera de los meses del año pueden haber días con temperaturas por debajo de 0°C que originan heladas (Monasterio, 1980).



**Figura 1. Climadiagrama para la zona Pico de Águila, Estado Mérida.**

Este sitio corresponde a la formación Páramo Altiandino (Monasterio, 1980a; Monasterio y Molinillo, 2004).

Ricardi *et al.* (1987) realizaron un inventario florístico de esta zona encontrando 181 especies, correspondiendo el 70% a dicotiledóneas, 23% a monocotiledóneas y 7% a pteridófitos. Posteriormente, Alvizú (2004) elaboró un detallado análisis de los cambios en la Fitodiversidad de este páramo siguiendo un gradiente altitudinal, encontrando un total 89 especies de las cuales 21 son especies endémicas.

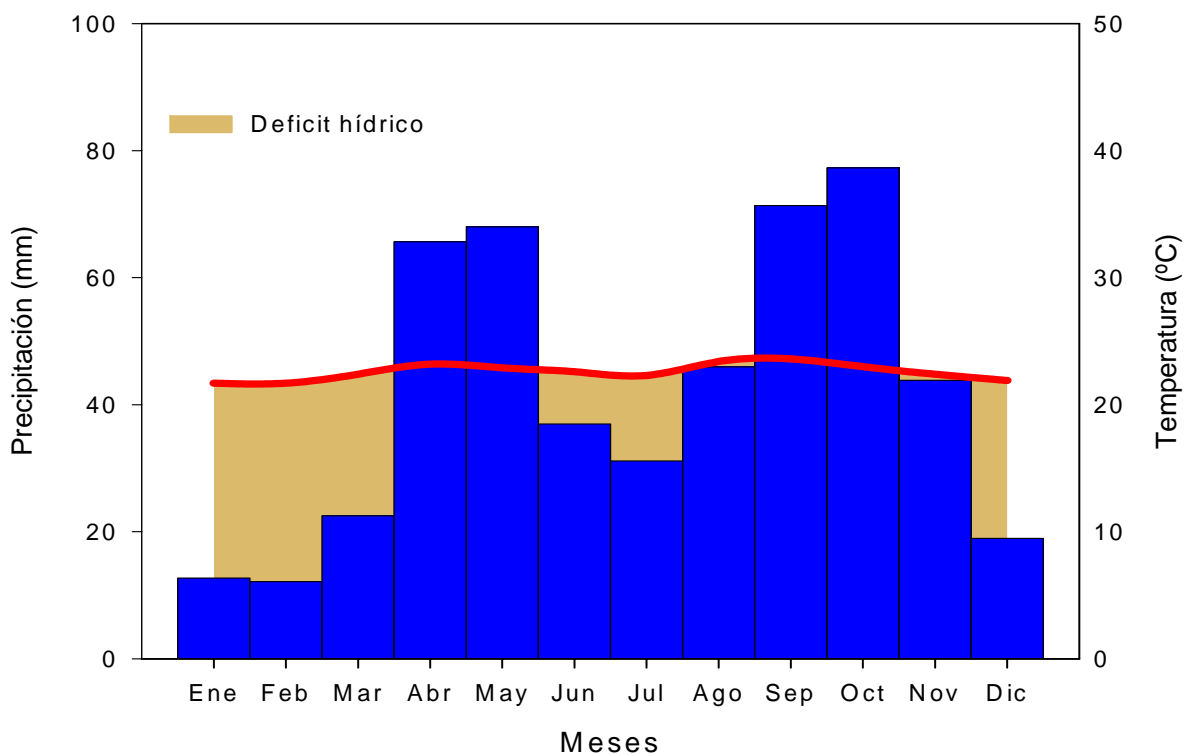
Solo cuatro géneros de batracios están reportados para los páramos (Rivero, 1979), también hay una salamandra del género *Botiloglossa*. Una gran cantidad de aves (Vuilleumier, 1999), algunos conejos y muchos insectos.

Como ya fue mencionado en este sitio se depositaron los desechos sólidos que producían los pueblos del páramo y la ciudad de Mérida durante varios años consecutivos (se desconoce la fecha exacta de inicio), hasta que dicha área fue declarada Parque Nacional Sierra de La Culata. En 1994 el Concejo Municipal del Municipio Miranda del Estado Mérida bajo una ordenanza clausuró el bote de

basura (Gaceta oficial No. 10 de 1994). En esta zona la utilización de maquinaria pesada fue casi nula ya que se depositaron los desechos y al ser abandonada hubo un saneamiento parcial y se cubrió con tierra depositada allí por camiones, pero no hubo una compactación como tal.

## 2.2. Sector la Escalera.

El otro sitio estudiado es el vertedero denominado La Escalera ubicado en la margen derecha del río Chama y la carretera la Variante-El Vigía, aproximadamente a 4 Km al SO de caserío Las González, con un rango de altitud comprendido entre los 750 y 900 metros sobre el nivel del mar, el cual comenzó a funcionar en 1982 y fue clausurado en mayo de 1993. En este último sitio las condiciones son marcadamente semiáridas (Andressen y Ponte, 1973; Alvarado y Pacheco, 1992), con precipitaciones medias anuales inferiores a los 558 mm y un patrón bimodal, con dos periodos lluviosos, el primero de abril a mayo y otro de septiembre a octubre (Fig. 2).



**Figura 2. Climadiagrama de la zona de Lagunillas Estado Mérida.**

La evaporación presenta el mismo régimen y sus máximos valores coinciden con los meses de sequía, su media anual es de 2008,4 mm, por otra parte, la temperatura promedio anual es de 24° C.

En este sitio se depositaron entre 121.671 Ton desde 1980 hasta 1993 de todos los desechos producidos por el área metropolitana de Mérida (Unshelm com.pers.). Para la Escalera se utilizó maquinaria pesada, la remoción del suelo fue casi total y no hubo saneamiento (Fig. 3).





---

### **Figura 3. Utilización de maquinaria pesada para el sector la Escalera.**

Este lugar corresponde a la unidad ecológica Arbustal Espinoso (Ataroff y Sarmiento, 2003) o vegetación xerofítica (Veillon y Lamprech, 1995; Sarmiento *et al.*, 1971; Rico *et al.*, 1996).

Con relación a la fauna del lugar, se han realizado varios inventarios de especies, consiguiendo que del total de las especies de anfibios de los Andes venezolanos solo el 35% son especies de esta zona (La Marca, 1998). Se han reportado 20 especies de aves consumidoras de cactáceas columnares (Soriano *et al.*, 1999b) y 35 especies de mamíferos constituidos por 3 especies del orden Didelphimorphia, 1 especie de Xenarthra, 27 especies de Chiroptera, 2 especies de Carnívora y 2 especies de Rodentia (Soriano *et al.*, 1999a). Todas estas especies desarrollan parte de su ciclo de vida en el Arbustal Espinoso, consumen parte de las plantas (tallos, hojas, flores y frutos), ayudan a la dispersión de semillas, esquejes y son elementos importantes en la dinámica de recuperación y restauración ecológica por lo que se deben tomar en cuenta al igual que la fitodiversidad presentes.

## **Capítulo 3: OBJETIVOS E HIPÓTESIS.**

### **3.1 Objetivo General.**

Determinar la fitodiversidad en dos unidades ecológicas del Estado Mérida, después de ser abandonado un sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto.

#### **3.1.1 Objetivos Específicos.**

Comparar áreas con diferente tiempo de abandono que se encuentran en un proceso de sucesión ecológica después de servir como sitios de disposición final de desechos sólidos usando los siguientes parámetros de la fitodiversidad:

- ❖ Riqueza de especies
- ❖ Curvas de saturación de especies
- ❖ Abundancia relativa de las especies presentes.
- ❖ Curvas de abundancia- dominancia
- ❖ Índices de diversidad
- ❖ Índice de similitud florística

### **3.2 HIPÓTESIS.**

Si después de abandonado un sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto ocurre una regeneración mediante el proceso de sucesión ecológica:

- ❖ las áreas con mayor tiempo de abandono tendrán una fitodiversidad próxima a las áreas naturales.
- ❖ las áreas recién abandonadas mostraran diferencias florísticas y estructurales importantes respecto a las naturales.
- ❖ las áreas intermedias presentaran una fitodiversidad similar a la comunidad natural.

## Capítulo 4. METODOLOGÍA.

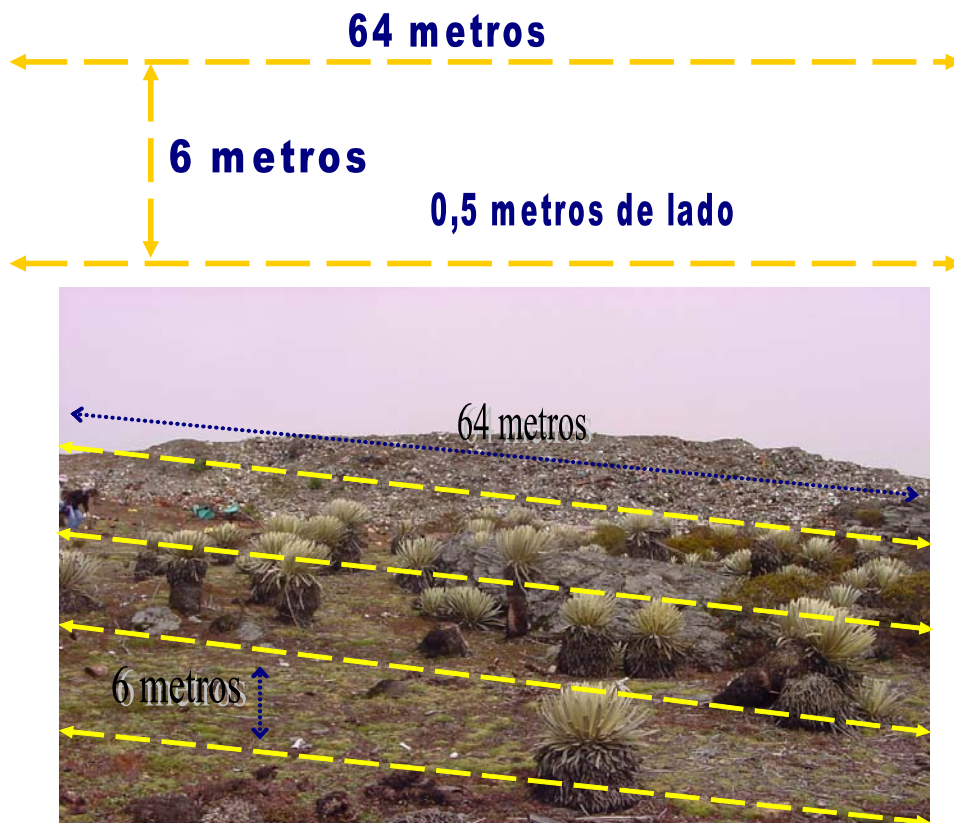
### 4.1 Muestreos.

Para estimar la fitobiodiversidad se realizaron censos de vegetación a lo largo de transectas como lo muestran las figuras 4 y 5. Todo esto tomando como antecedentes la metodología de muestreo propuesta por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), Matteucci y Colma (1982), Kent y Coker (1992).

El análisis de la vegetación se realizó mediante transectas perpendiculares a la pendiente, dispuestas regularmente alejándose de los sitios más perturbados.

Se analizaron dos localidades, una ubicada en Piedras Blancas y otra en La Escalera, que se encuentran dentro de las unidades ecológicas Páramo Altiandino y Arbustal Espinoso respectivamente.

Para la localidad de Piedras Blancas cada transecta consistió en una banda de 64 metros de largo por 0.5 metros de ancho con unidades muestrales subdividida en unidades elementales de 0,5 \* 0,5 metros (0,250 m<sup>2</sup>). Se hicieron 128 unidades. Cada transecta está separada de la siguiente por 6 metros (figura 4). Este método de muestreo fue utilizado por Alvizú (2004) y Márquez (2002) un área natural contigua, con excelentes resultados.



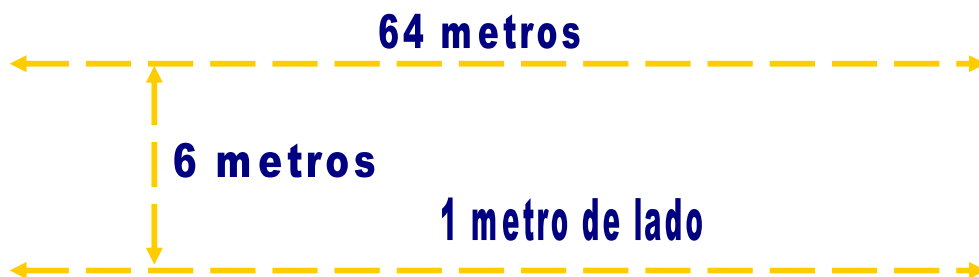


#### Figura 4. Trazado de transectas para Piedras Blancas.

Para la zona del Arbustal Espinoso (La Escalera), se utilizó la base cartográfica elaborada por el CIDIAT (1988), para colocar las transectas en el sitio de disposición final de desechos sólidos a cielo abierta, de tal manera de cubrir los diferentes tiempos de abandono y evitar realizar muestreos en zonas con fuertes pendientes.

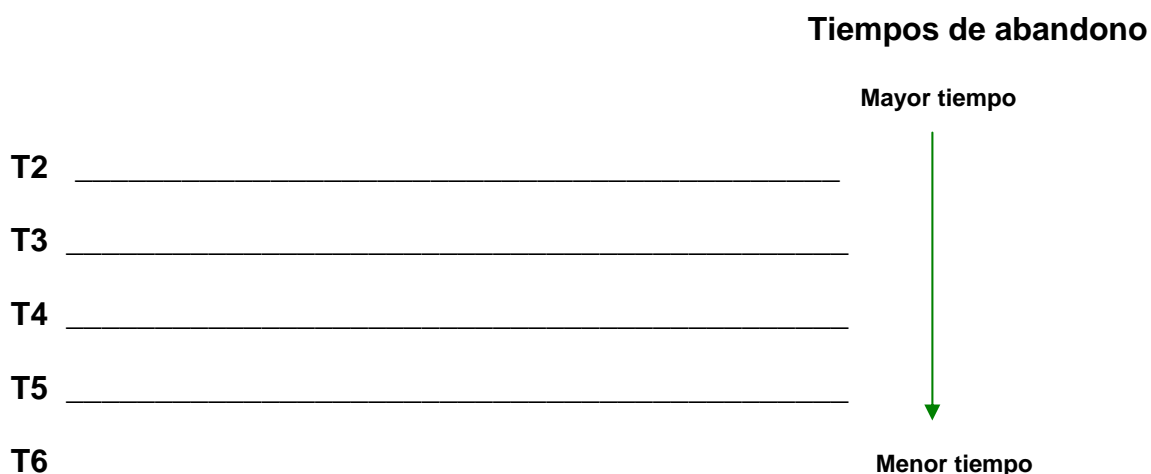
Así mismo se evitó escoger sitios que presentaban grados de erosión en surcos profundos que impidan la delimitación de las parcelas, quedando de tal manera la distribución de las transectas a lo largo de las diferentes curvas de nivel del terreno y en lugares que estén en la misma fase sucesional.

En este lugar se realizaron censos de vegetación a lo largo de 6 transectas de 64 metros de largo por 1 metros de ancho con unidades muestrales contiguas de 1.0 \* 1.0 metros ubicados a lo largo del espacio escogido. Se hicieron 64 unidades. Este tamaño de las unidades muestrales se empleo para incluir arbustos, cactus columnares y toda la gama de formas de vida que existen en el. Tal como lo muestra la figura 5.



### Figura 5. Trazado de transectas para La Escalera.

En nuestro diseño de trabajo se planteó seguir siempre una misma tendencia con respecto a las transectas tomando como Transecta 1 la de mayor tiempo de abandono, es decir el área natural. Y las Transectas 2, 3, 4 y 5 como estados intermedios y la Transecta 6 como la que posee un menor tiempo de abandono, tal como lo muestra la figura 6.

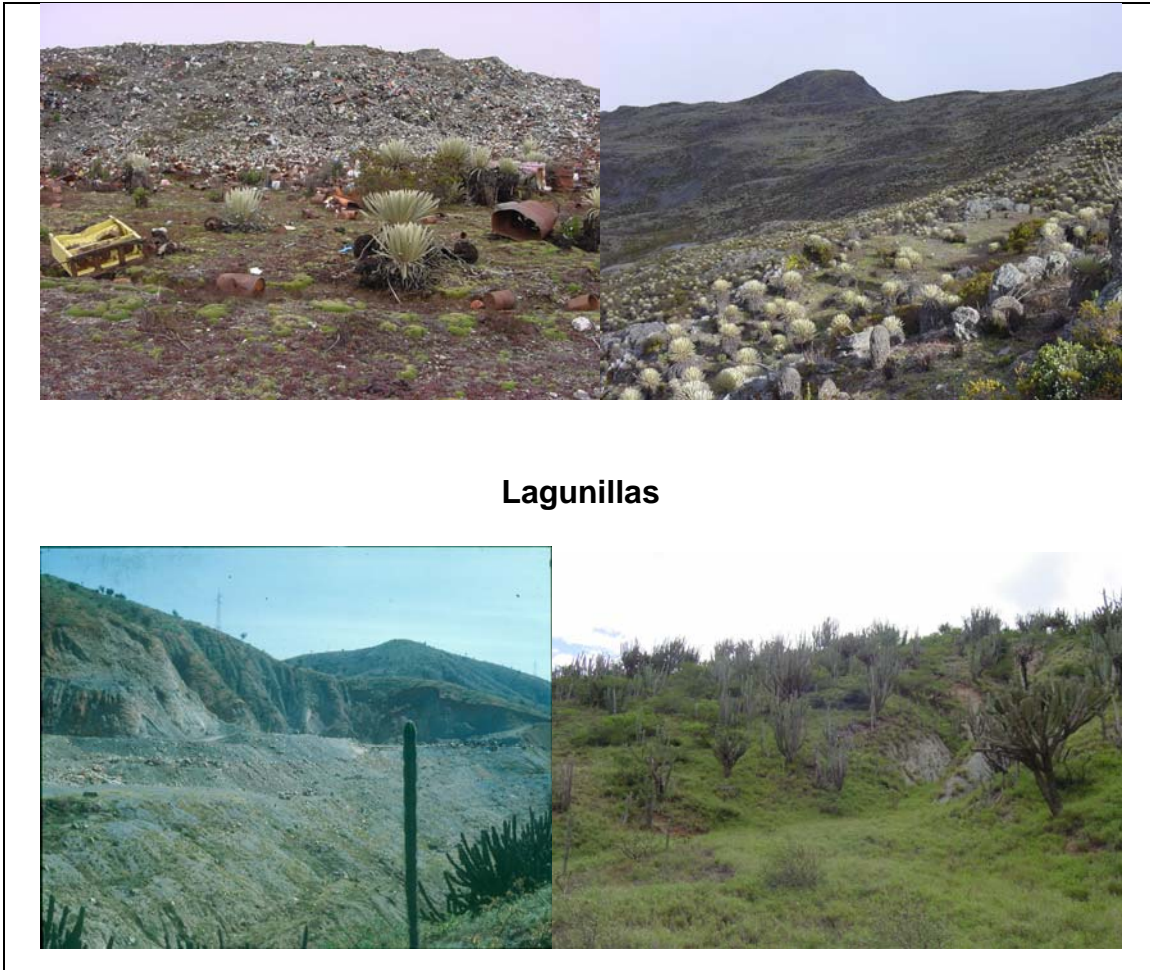


**Figura 6. Posición de transectas en el sitio.**

Cabe resaltar que para el sitio de Piedras Blancas dada la topografía del terreno la Transecta 5 quedó en un área donde la pendiente es de un 80% .

Los muestreos se realizaron tanto en el área intervenida, como en las naturales como se observa en la figura 7.

**Piedras Blancas**



### Lagunillas

**Figura 7. Vegetación intervenida y vegetación natural para ambas zonas.**

Se colecto el material botánico, tratando en lo posible de obtener la mayor cantidad de ejemplares de cada una, representativos de igual número de pliegos de herbario, colectando en cada caso ejemplares con órganos vegetativos y reproductivos, registrando en el cuaderno de campo anotaciones de características que del hábitat de cada ejemplar, fecha de colección, altitud.

Este material fue prensado en el terreno y luego llevado a la estufa en el laboratorio por un periodo de 48 a 72 horas a una temperatura no mayor de 40 °C, realizando cambios diarios de papel secante (papel periódico), hasta lograr el secado total de las muestras. Se realizó luego el proceso de etiquetado, clasificación y determinación.

Para la determinación y actualización nomenclatural del material botánico las especies, se contó con la colaboración de la Lic. Irama Sodja Vela, que empleo la bibliografía correspondiente a cada caso, así como la base de datos del Missouri

Botanical Garden ([www.mobot.org](http://www.mobot.org)) e "IPNI QUERY" En algunos casos donde no se encontró bibliografía, o las determinaciones resultaron dudosas, se comparó con material de herbario (MERC) del "Centro Jardín Botánico de Mérida" ubicado en la Facultad de Ciencias de la U.L.A.

Para el caso específico de la especie *Cenchrus ciliaris*, se contó con la colaboración del botánico Benito Briceño para su identificación taxonómica.

Por último se colocó la exsiccata, y se elaboraron las etiquetas con números de colección obtenidos para este trabajo tal como lo muestra la lista de nombres. Los nombres científicos fueron abreviados usando la contracción del género y la especie.

Una vez procesado y registrado todo el material se depositó en el herbario de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (MER) con las exsiccata de herbario que aparece en el apéndice I y II.

## **4.2. Procesamiento de datos.**

### **4.2.1. Índices de Diversidad.**

Segnini (1992) menciona que existen medidas de riqueza de especies y medidas de la heterogeneidad. En este trabajo se utilizaron los índices de heterogeneidad, intentando medir la fitodiversidad en función de la riqueza y la abundancia relativa de las especies. De modo que el concepto de diversidad en la comunidad, que actualmente manejan la mayoría de los ecólogos, incluye esos dos componentes: la riqueza y la uniformidad. Peet (1974) sugirió el término heterogeneidad para identificar la diversidad entendida bajo esta concepción dual.

Sin embargo según Segnini (1992) estas formulas son simples formulas matemáticas que definen de una manera particular y de acuerdo a la óptica de sus proponentes, la relación que existe entre la riqueza y la abundancia y que tienen cierta carga de subjetividad, hecho a tener siempre. Margalef (1977) adoptó el índice de Shannon-Wiener como una medida de diversidad dado que estima la incertidumbre de una colección.

Los índices de heterogeneidad que se usaron son el de Shannon-Wiener y el de Simpson cuya formulas son las siguientes:

## 1. Shannon-Wiener

$$(H') = - \sum_{i=1}^s (P_i) (\text{Log}P_i).$$

Donde  $p_i$  = Estimación de la probabilidad de encontrar la especie  $i$ , es una estimación de la abundancia proporcional.

Esta ecuación puede usarse aplicando el logaritmo en base 2 en cuyo caso las unidades son “bits” y “nats” si se usan logaritmos naturales o neperianos en nuestro caso se decidió usar el neperiano por lo que los resultados están expresados en nats.

Este índice probablemente sea el más usado en la bibliografía ecológica y es una medida del grado de incertidumbre que existe para predecir la especie a la cual pertenece un individuo extraído aleatoriamente de la comunidad. En la medida en que la heterogeneidad aumenta, ya sea por un incremento en el número de especies o porque los individuos se distribuyen más equitativamente entre las especies, aumenta la incertidumbre y por lo tanto, el valor de la función (Segnini, 1995).

Este índice es aplicable si se cumplen las siguientes condiciones:

1. las muestras deben obtenerse aleatoriamente de una comunidad
2. todas las especies de la comunidad deben estar representadas en la muestra.

Este índice ha sido muy cuestionado por que muchas de sus propiedades resultan del carácter logarítmico de la función que lo define, que de su capacidad para discriminar relaciones biológicas en las muestras (Peet, 1974; Goodman, 1975; Molinari, 1989).

Por medio del test de comparación estadística de Shannon-Wiener (Zar, 1984) el cual consiste en comparar dos índices de diversidad usando una t-student. En este caso se compararon los pares de transectas para reconocer cuando presentan diferencias significativas. Empleando las siguientes ecuaciones:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{S_{H'_1 - H'_2}} \quad (1.1)$$

$$S_{H_1'} - H_2' = \sqrt{S^2_{H_1'} + S^2_{H_2'}} \quad (1.2)$$

$$S^2_{H'} = \frac{\sum p_i \log^2 p_i - \left(\sum p_i \log p_i\right)^2 / n}{n^2} \quad (1.3)$$

## 2. Simpson

$$\lambda = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

Donde:  $p_i$  = Estimación de la probabilidad de encontrar la especie  $i$ ,  $p_i$  es una estimación de la abundancia proporcional.

$$i = (1, 2, 3, 4, \dots, S).$$

Este índice cuantifica la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a una misma especie.

En la medida que la heterogeneidad incrementa por un aumento en la uniformidad la riqueza de especies, disminuye la probabilidad de que dos individuos sean de la misma especie y el valor de  $\lambda$  será menor. Si todos los individuos son de una misma especie, entonces  $\lambda = 1$  y cada individuo pertenece a una especie diferente, se tiene que  $\lambda = 1/S$ .

La característica fundamental del índice de Simpson es su sensibilidad a los cambios en las especies abundantes, por lo cual debe ser utilizado con precaución en los casos donde es necesario medir cambios de diversidad en función de la aparición de especies raras (Moreno, 2001).

## 3. Números de Hill.

Segnini (1992 citando a Good, 1953; Hill, 1973; Molinari, 1989. Patil y Taillie, 1979) menciona que para relacionar los índices de heterogeneidad existentes, se han propuesto varios modelos sin embargo, el modelo de Hill parece ser superior a los otros; por su sencillez, coherencia, interpretabilidad.

El modelo propuesto por Hill, ordena los índices de diversidad de acuerdo a su sensibilidad a las especies raras o menos abundantes (Segnini, 1992; Moreno, 2001).

La serie de números de Hill permite calcular el número efectivo de especies, en una muestra, es decir, una medida del número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa (Hill, 1973; Magurran, 1988). El modelo se muestra en la figura 8, donde;

**$N + \infty$** : Número aparente de especies muy abundantes o frecuentes.

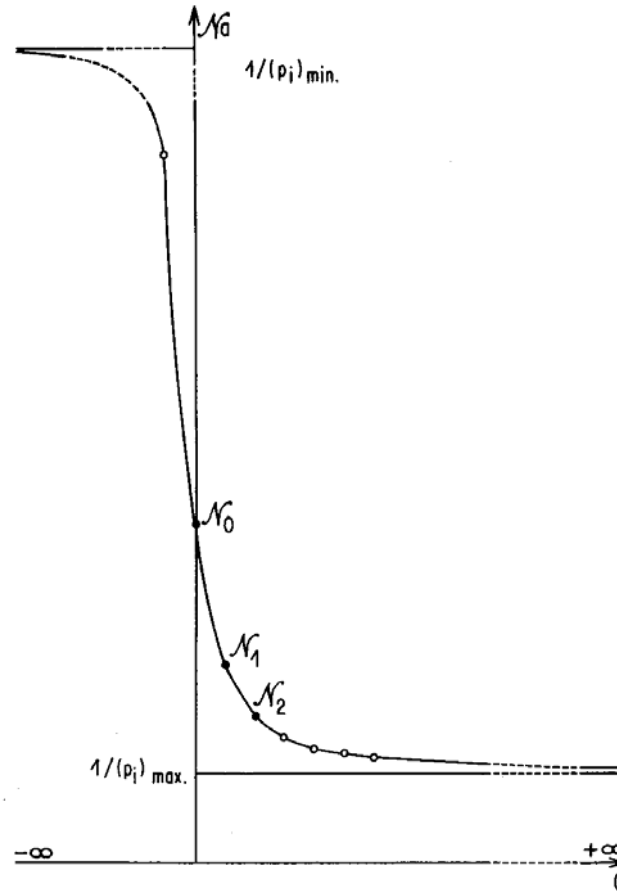
**$N_2$** : Permite cuantificar el esfuerzo necesario para percibir las especies muy frecuentes, y frecuentes.

**$N_1$** : Permite cuantificar el esfuerzo necesario para percibir las especies muy frecuentes, las frecuentes y las medianamente frecuentes.

**$N_0$** : Número total de especies.

**$N - \infty$** : Corresponde al esfuerzo necesario para estudiar todas las especies incluyendo las raras.

La pendiente que representa la curva cuando nos desplazamos en la grafica de derecha a izquierda ( **$N + \infty$**  a  **$N - \infty$** ), es una representación del esfuerzo necesario para analizar la comunidad.



**Figura 8. Curva representativa de la variación de la diversidad de Hill**  
(Tomado de Dagét, 1980).

Cabe destacar que cuando se trabaja con una matriz de presencia o ausencia, la frecuencia es tomada como medida. Entonces el adjetivo “dominante” puede ser cambiado por “frecuente”, así hablaremos de especies muy frecuentes en lugar de muy dominantes.

### 5.2.3. Índice de Similitud Florística.

A través del índice similitud florística (**Sørensen**) (Moreno, 2001) se relaciona el número de especies en común por transecta con la medida aritmética de las especies en ambos sitios.

$$I_s = \frac{2w}{a+b}$$



**w**= Número de especies comunes entre a y b

**a**= Número de especies en la comunidad a

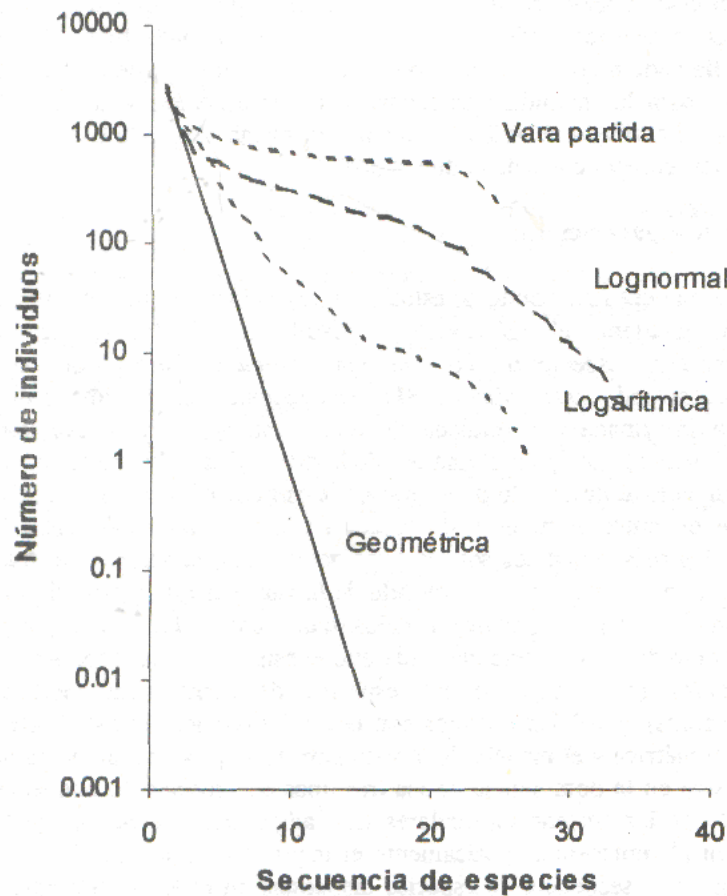
**b**= Número de especies en la comunidad b

#### **5.2.4. Curva de Abundancia-Dominancia de especies.**

Existen muchas formas de medir la diversidad en una comunidad, pero ha sido mediante el análisis de la distribución de las abundancias relativas de las especies presentes en una comunidad que se obtiene las mejores estimaciones de medirla. Para algunos autores como Southwood (1978) y May (1981).

Esta metodología permite utilizar toda la información acumulada de una comunidad y proporcionan fundamentos sólidos para el análisis de la diversidad. Esta situación ha conducido al desarrollo de varios modelos matemáticos que describen la relación entre el número de especies y sus abundancias, entre los cuales los más conocidos son: la serie geométrica, la serie logarítmica, la distribución lognormal y el modelo de la vara partida (Fig. 9). Fundamentalmente estos modelos se diferencian entre sí, por el grado de importancia que se le asignan a las especies. Estos son los siguientes:

1. las especies muy abundantes (comunes).
2. las especies de abundancia moderada (intermedia).
3. las especies con pocos individuos (raras)



**Figura 9. Modelo para la distribución de abundancia por especie** (Tomado de Segnini, 1995).

Los datos que componen la serie geométrica, se caracteriza por tener muy pocas especies, donde la primera especie representa una proporción determinada del total de individuos y la especie siguiente contribuye con una proporción similar en relación al total de individuos remanentemente.

Para la serie logarítmica se produce un incremento sustancial del número de especies raras. Mientras en la distribución lognormal, las especies intermedias tienen gran importancia mostrando la trayectoria de la curva un declive muy suave dentro de la zona dominada por las especies de abundancias intermedias. Finalmente en el modelo de la vara partida la abundancia ésta repartida más equitativamente entre las tres categorías antes mencionadas (Segnini, 1995).

## Capítulo 6: RESULTADOS Y DISCUSIONES.

### 6.1. Riqueza específica para las transectas.

A continuación se presentan una serie de figuras que muestran el número de especies presentes en cada transecta tanto para Piedras Blancas como para La Escalera.

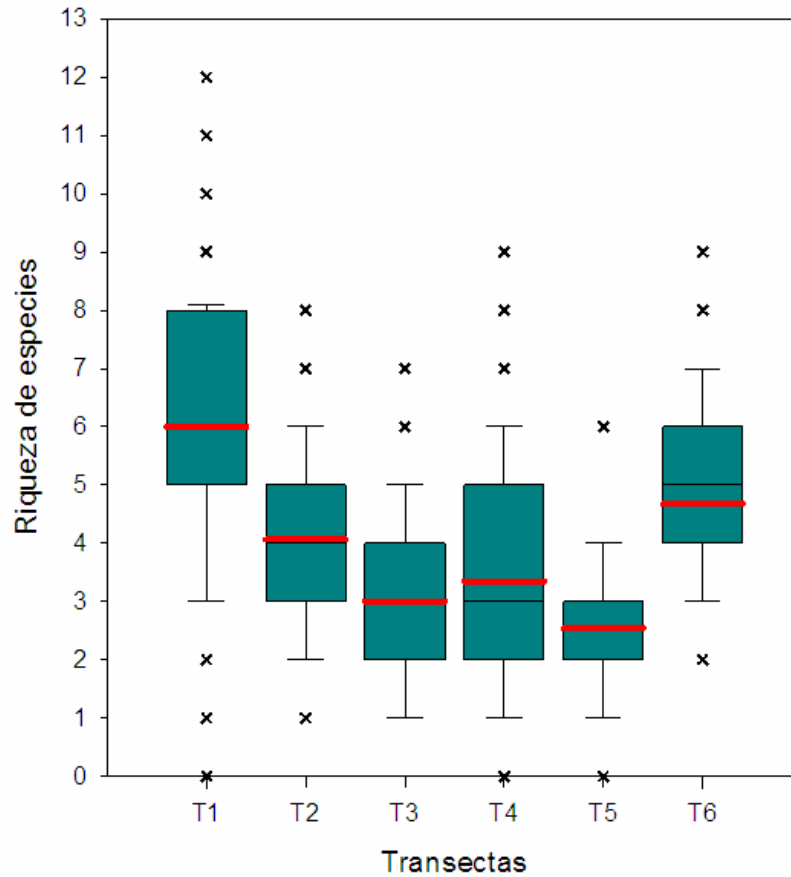
#### 6.1.1. Piedras Blancas.

Para la zona muestreada de Piedras Blancas se encontraron 65 especies (Apéndice I) de las cuales 50 son especies que se pudieron identificar taxonómicamente, (77% del esfuerzo en la determinación florística); las otras 15 especies solo se determinaron hasta familia (Poaceae y leguminosa).

Dentro de las especies encontradas se reconocen cuatro especies introducidas que son: *Calamagrostis* sp., *Poa annua*, *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinalis*. Un grupo de especies endémicas para Venezuela: *Acaulimalva acaulis*, *Azorella julianii*, *Geranium venezuelae*, *Hinterhubera imbricada*, *Hinterhubera laseguei*, *Lachemilla ramosissima* y *Lasiocephalus longipenicillatus*, y el resto son especies nativas de los páramos de Mérida.

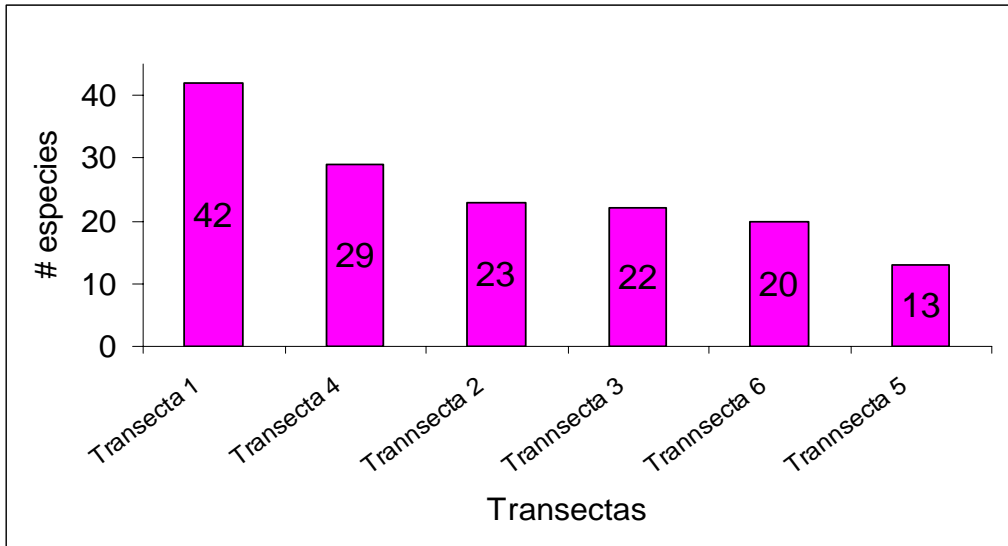
En el Apéndice III se resumen la distribución reportada para estas especies y la forma de vida. Se observa que en el área estudiada predominan las hierbas (19), aunque también existen rosetas acaules (7), gramíneas (9), arbustos (6), cojines (4) y rosetas caulescentes (3). Por lo que esta área presenta una fisonomía similar a un páramo.

En la figura 10 se representa la riqueza específica en cada uno de los segmentos de la transecta de estudio, la media, la mediana y los valores extremos de cada transecta. Se observa que la Transecta 1 es la que presenta la mediana, la media y los valores extremos más altos (12). Mientras que los segmentos que forman parte de la Transecta 5 presentan una media y mediana de 2 especies, sin embargo al menos un segmento presentó 6 especies (valor extremo).



**Figura 10. Distribución del número de especies por unidad muestral elemental para Piedras Blancas.**

La figura 11 muestra la riqueza total específica de cada transecta. Es de resaltar que la Transecta 1 posee un mayor número de especies (42) y la Transecta 5 es la que presenta el menor número de especies (13). Se observa además un descenso en el número de especies con relación al tiempo de abandono. Esto es válido para todas las transectas menos para la 5, la que por encontrarse en una pendiente pronunciada y por no tener un sustrato suficientemente firme sufre de frecuentes deslizamientos o movimientos de masas que limitan la colonización vegetal.



**Figura 11. Riqueza específica para el sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto de Piedras Blancas.**

### 6.1.2. La Escalera.

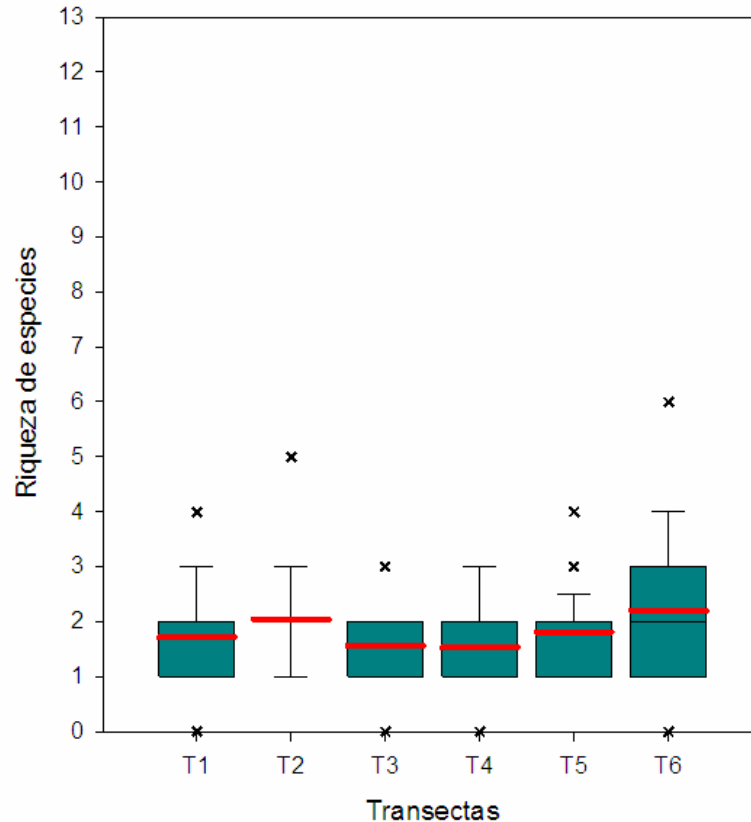
En la Escalera se encontraron 25 especies (Apéndice II), dentro de las cuales se identificaron taxonómicamente hasta el nivel de especie 18, 4 hasta familia y el resto quedaron como material sin identificar. Es decir, que el esfuerzo de determinación florística fue de un 72%.

Se reconoce la presencia de una especie introducida, *Melinis minutiflora* que ha sufrido un proceso de naturalización. También se encuentran especies nativas para Venezuela, específicamente: *Opuntia caribacea*, *Sida cfr serrata*. y *Stenocereus griseus*,. También se encontró *Pilosocereus tillianus* la cual ha sido reportada como una especie endémica para el Estado Mérida (Rondon, 2000 citando a Ponce y Trujillo, 1990) y el resto de las especies están distribuidas para América y Mesoamérica (Apéndice IV) de acuerdo con la información del Index Kewensis(2002).

Fisonómicamente este sitio parece una mezcla de arbustos (5), hierbas (4), gramíneas (3), y cactus columnares (3), sin que predominen notablemente ninguna de estas formas de vida.

La figura 12 representan la riqueza específica para cada uno de los segmento, la mediana, la media y los valores extremos. Se observa que hay poca variabilidad

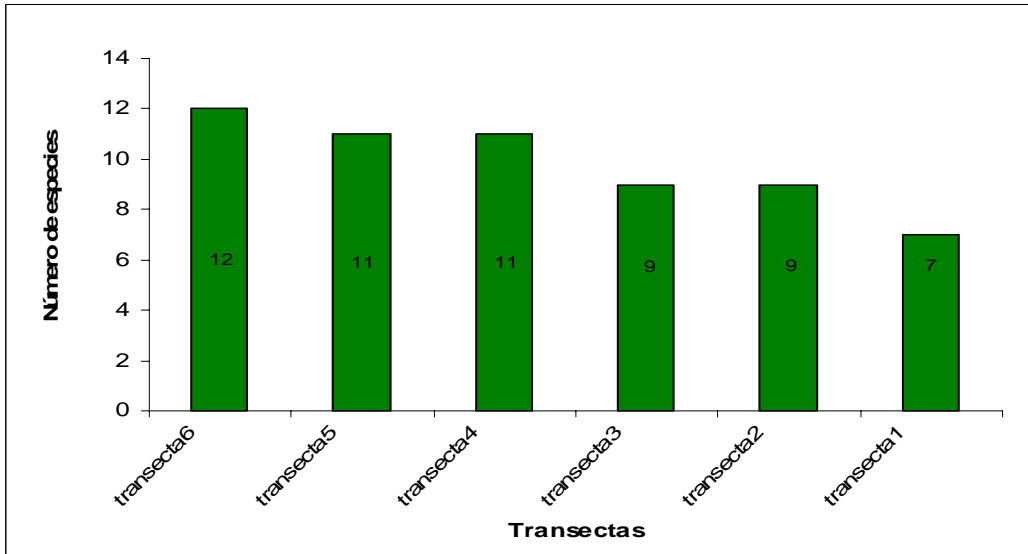
en los segmentos presentando valores muy cercanos, sin embargo la Transecta 6 posee los valores más extremos.



**Figura 12. Distribución del número de especies por unidad muestral elemental para La Escalera.**

La figura 13 muestra los valores de la riqueza específica total. Se observa que la Transecta 6 es la que posee el mayor número de especies (12), que pareciera estar relacionado con el menor grado de disturbio, un corto tiempo en el proceso de alteración ambiental. La riqueza de especies disminuye con el tiempo de abandono en el resto de las transectas.

Es de resaltar el hecho de que la basura puede venir con semillas de especies introducidas o especies nativas que al conseguir un sustrato propicio para crecer comienzan a germinar. Por otra parte, la fauna nativa y asociada a los sitios de disposición final de la basura podría jugar un papel importante en la dispersión de semillas.



**Figura 13. Riqueza específica para el sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto de La Escalera.**

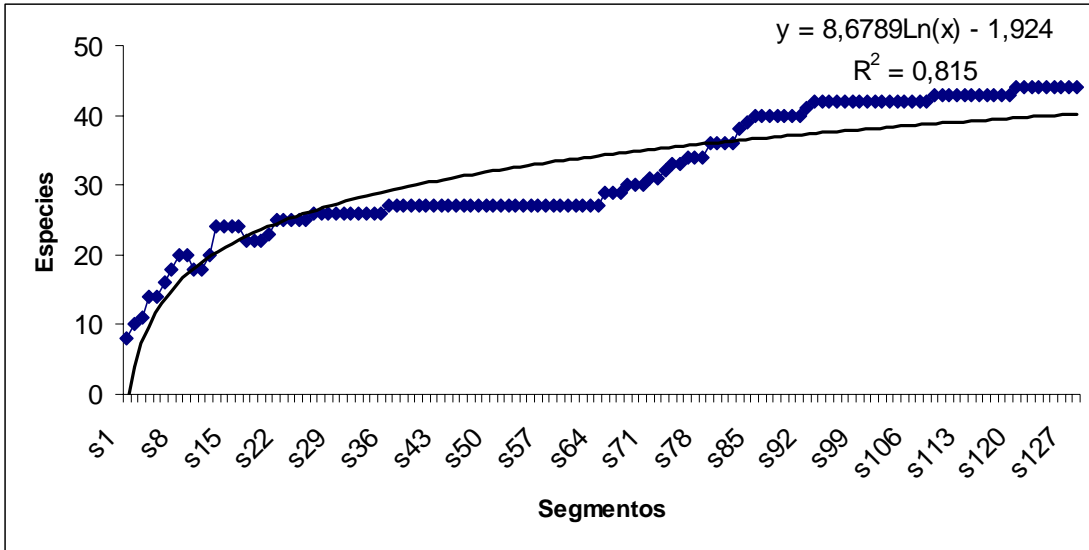
## **6.2. Curva de saturación de especies.**

Se realizaron curvas de saturación de especies con base en los censos de vegetación hechos en las seis transectas.

### **6.2.1. Piedras Blancas.**

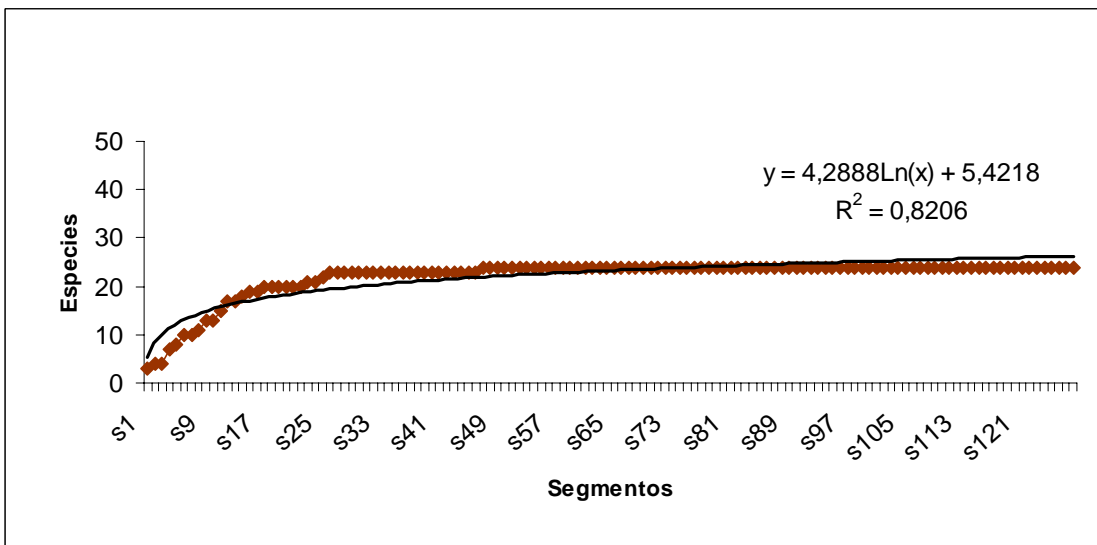
En la figura 14 se observa dos niveles de saturación uno entre los segmentos 20 y 70, y otro a partir del segmento 95, lo que indica un cambio de estructura en el área muestreada y una posible heterogeneidad.

La ecuación muestra que la regresión explica el 81% de la variación.



**Figura 14. Curva de saturación de especies de la Transecta 1 para Piedras Blancas.**

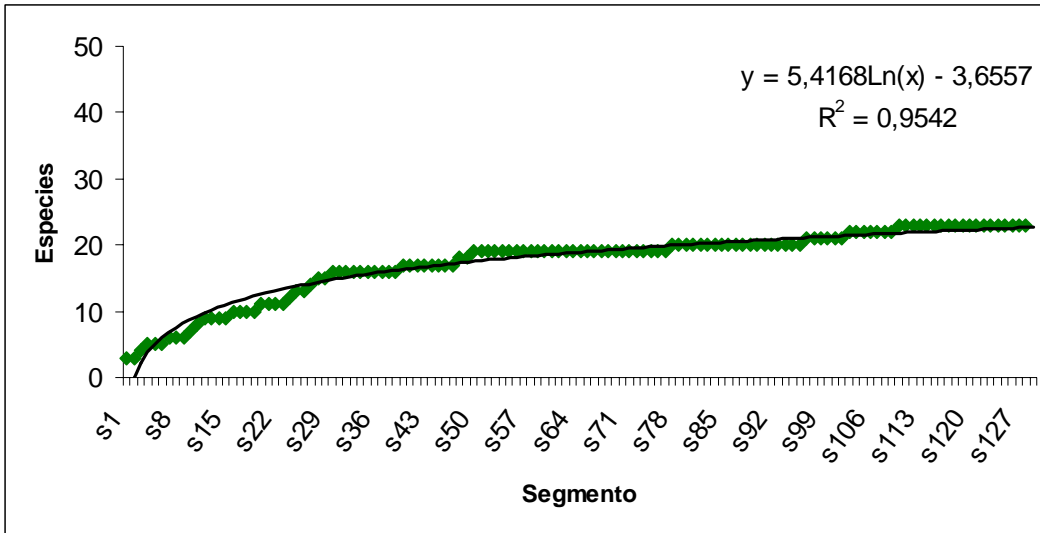
En la figura 15 se muestra la curva de saturación de la Transecta 2, vemos que la curva se satura en el segmento cincuenta (50), sin variar hasta llegar al final. Esto nos permite discutir que esta Transecta es más homogénea que la anterior y que con 50 segmentos sería suficiente para conocer la fitodiversidad. El porcentaje de la varianza explicado es 82%.



**Figura 15. Curva de saturación de especies de la Transecta 2 para Piedras Blancas.**

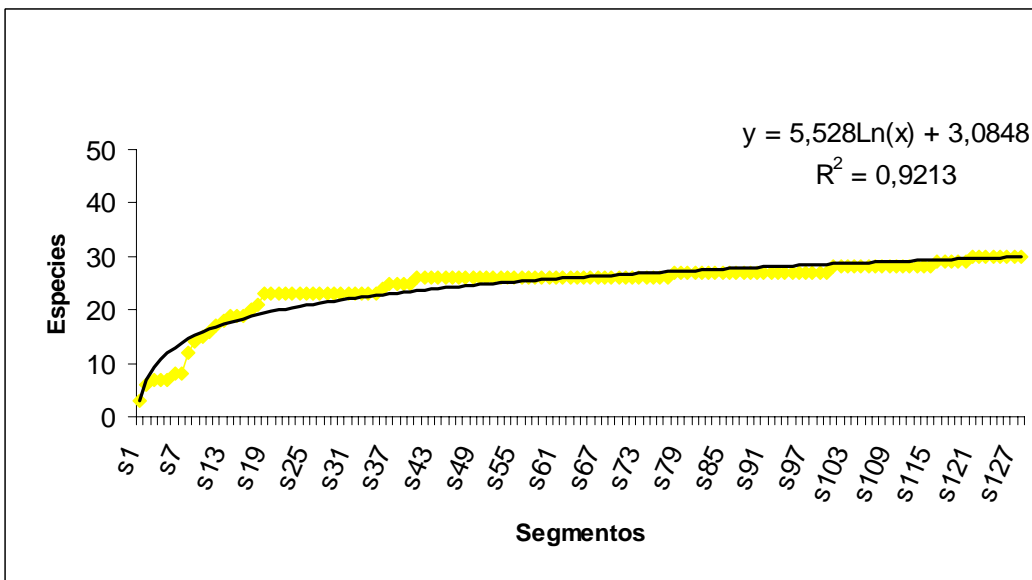


En la figura 16 se observa como el número de especies va creciendo a lo largo de toda la transecta, comenzando a saturarse después del segmento 36. la ecuación muestra que la regresión explica el 95,4% de la variación.



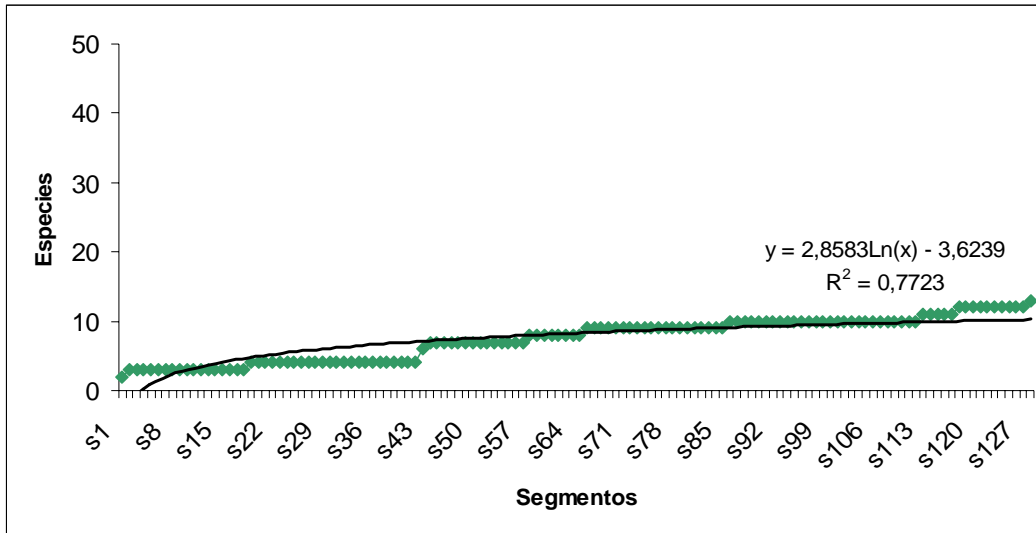
**Figura 16. Curva de saturación de especies de la Transecta 3 para Piedras Blancas.**

En la figura 17 se muestra la curva de saturación de especies para la Transecta 4, donde se observan dos niveles de saturación uno entre los segmentos 19 y 37, y otro a partir del segmento 43 donde se alcanza una completa saturación. El porcentaje de varianza encontrado es de 92,1%.



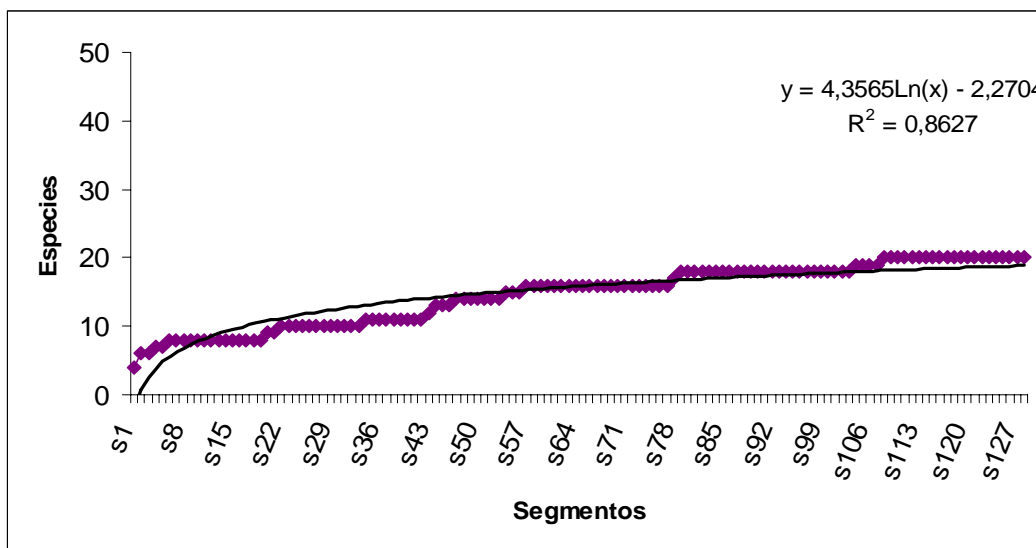
**Figura 17. Curva de saturación de especies de la Transecta 4 para Piedras Blancas.**

En la figura 18 se observa que a medida que incrementa el número de segmentos de muestreo; es evidente que hay una estructura de bloques en la vegetación ya que la riqueza de especies se satura en varios puntos. El porcentaje de variación encontrado es de 77%, siendo este el valor mas bajo entre todas las transectas.



**Figura 18. Curva de saturación de especies de la Transecta 5 para Piedras Blancas.**

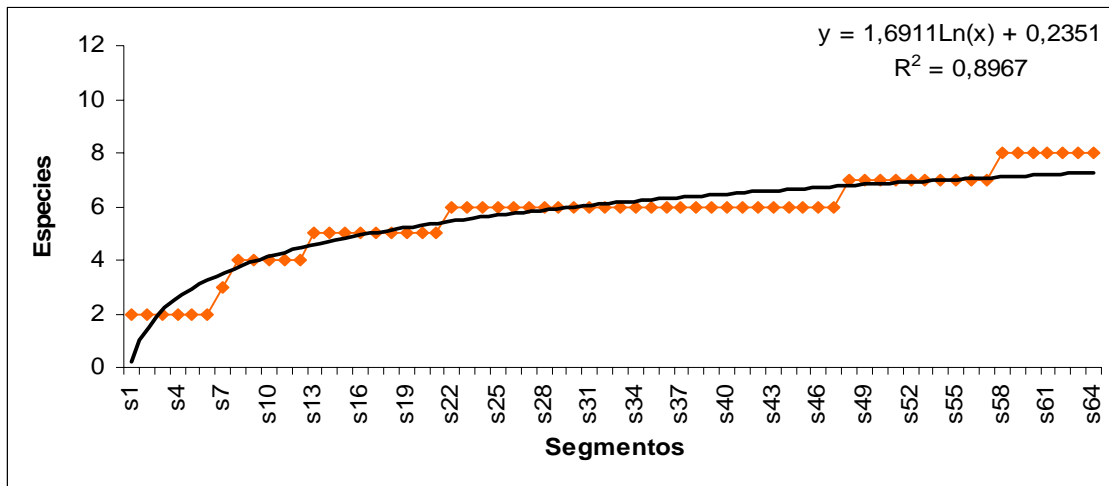
Este mismo comportamiento se observa en la figura 19 en donde tampoco se obtuvo una verdadera saturación en la riqueza. La ecuación muestra que la regresión explica el 86% de la variación.



**Figura 19. Curva de saturación de especies de la Transecta 6 para Piedras Blancas.**

### 6.2.2. La Escalera.

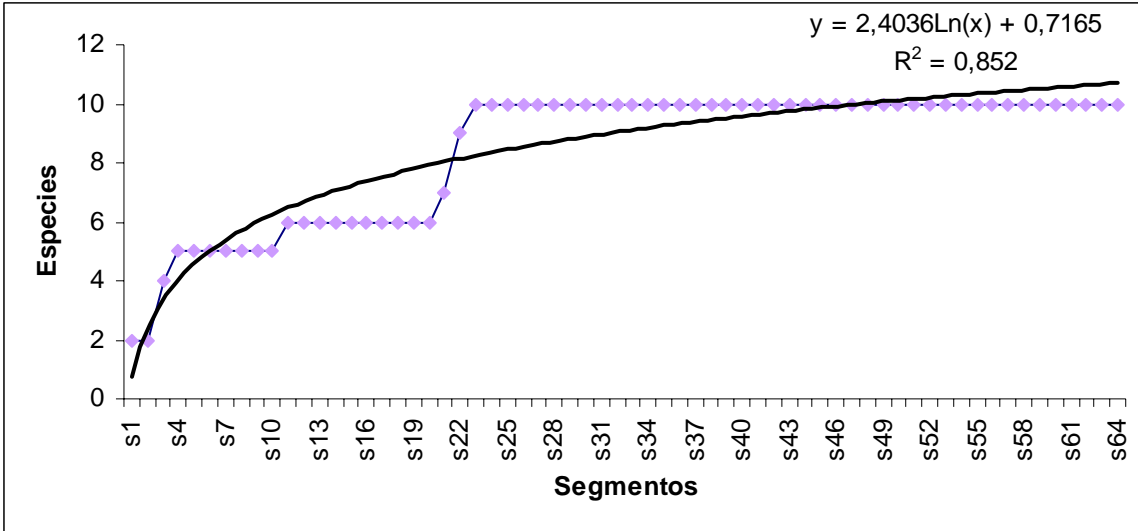
En la figura 20, se representa como incrementa la riqueza de especies a medida que aumentamos el número de segmentos de muestreo para la Transecta 1. Se observa una saturación en los 25 primeros segmentos, lo cual refleja que la distribución de la vegetación se distribuye homogéneamente, sin embargo, en los segmentos finales hay un incremento de cuatro especies. Presentando un porcentaje de varianza de 89,6%.



**Figura 20. Curva de saturación de especies de la Transecta 1 para La Escalera.**

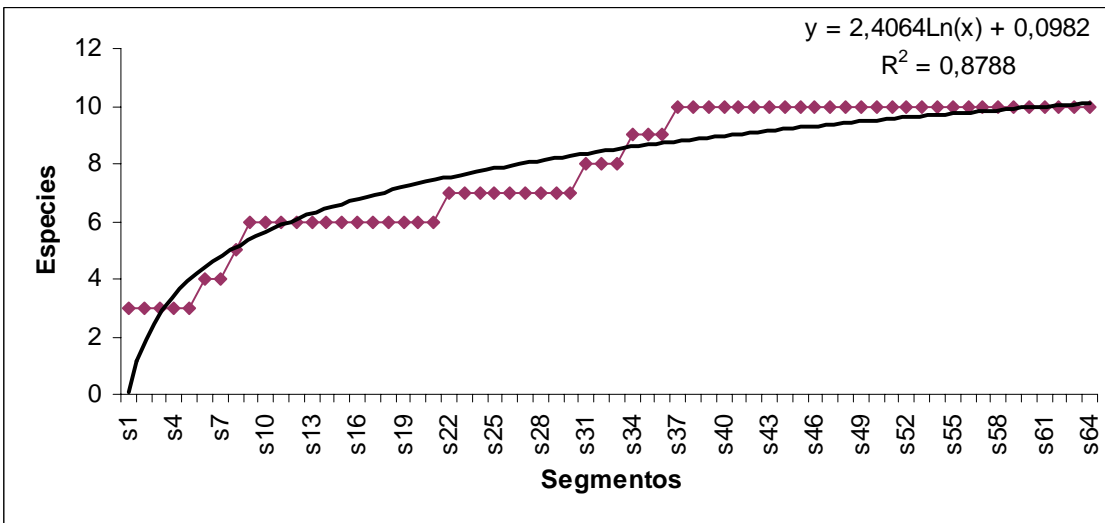
En la Figura 21 se muestra la curva de saturación de la Transecta 2, donde el número de especies se satura en el segmento 22 antes de llegar a la mitad de los segmentos. Dándonos una idea de la vegetación encontrada allí es parecida a la que se encuentra en la Transecta 1, es decir es homogénea.

Cabe destacar que las Transectas 1 y 2 se encontraban a la misma altura (825msnm). Con un porcentaje de varianza de 85,2%.



**Figura 21. Curva de saturación de especies de la Transecta 2 para La Escalera.**

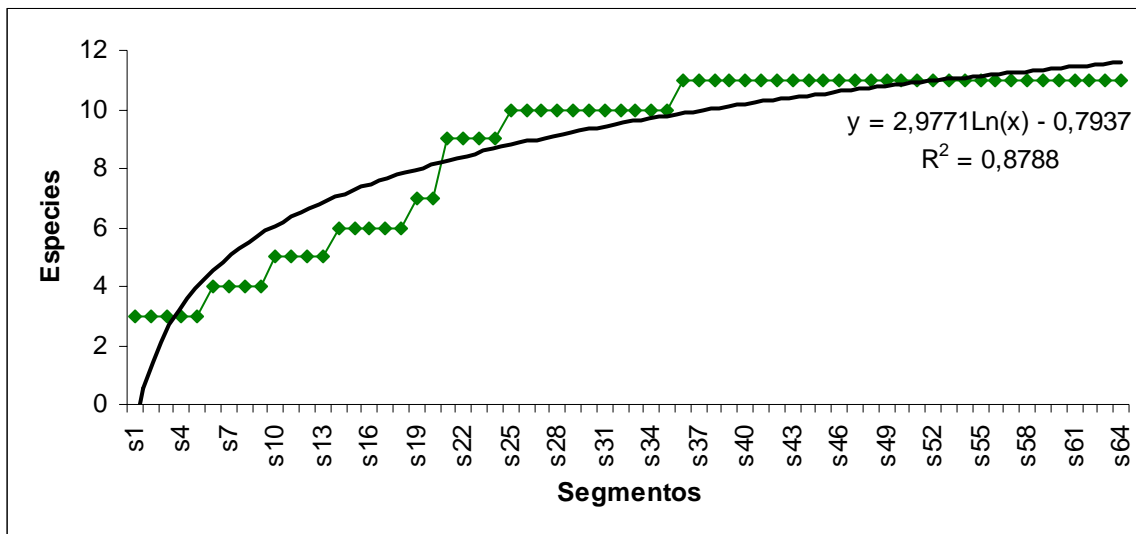
En la figura 22, se muestra como a partir del segmento 37 no encontramos especies nuevas aunque aumentemos el número de segmentos muestreados por esta razón se puede afirmar que la curva se satura. El porcentaje de varianza presenta un valor de 87,8%.



**Figura 22. Curva de saturación de especies de la Transecta 3 para La Escalera.**

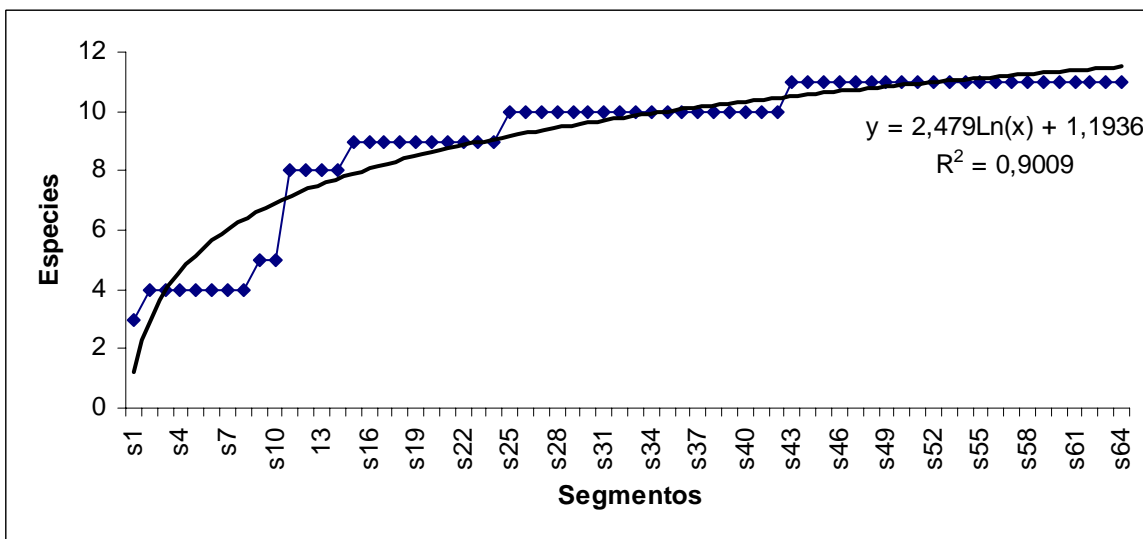
Tanto la figura anterior como en la figura 23, encontramos que son transectas que presentan el mismo número de especies, y por lo tanto la curva de saturación es

igual. Estas dos transectas se encuentran ubicadas justo en el centro del área ocupada por el antiguo sitio de disposición de desechos sólidos. Con 87% de variación.



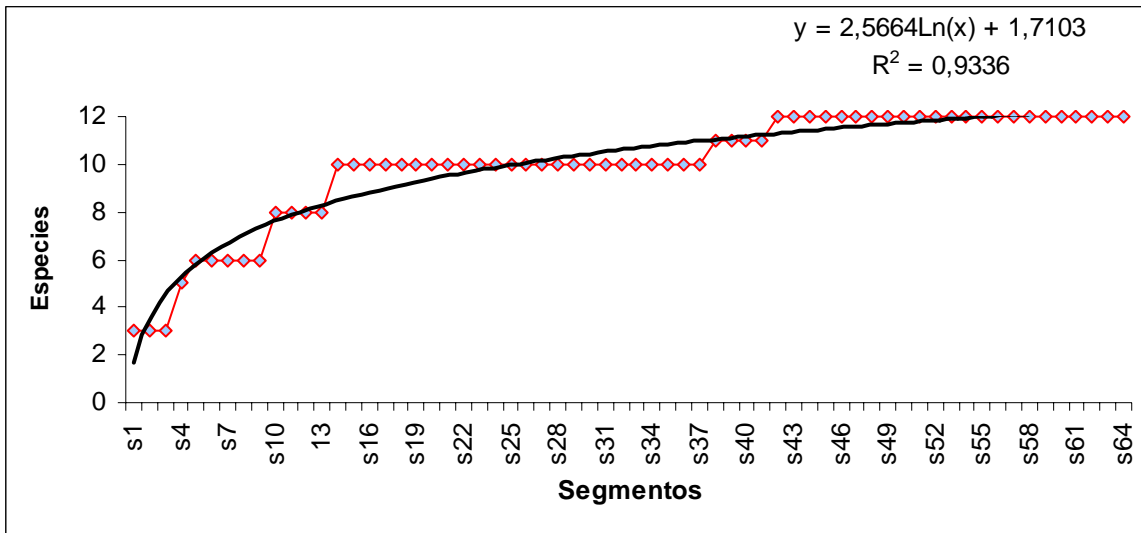
**Figura 23. Curva de saturación de especies de la Transecta 4 para La Escalera.**

En la figura 24, se observa que hay varios segmentos donde hay saturación pero los mas notables son del segmento 25 hasta el 43 y a partir de del 43 se alcanza la curva de saturación hasta la final de la misma, presentando un porcentaje de varianza de 90%.



**Figura 24. Curva de saturación de especies de la Transecta 5 para La Escalera.**

La figura 25 se observan dos niveles de saturación uno entre los segmentos 14 hasta el 38, y el otro a partir del segmento 42. Presentando un porcentaje de varianza de 93% siendo este el valor mas alto encontrado entre todas las transectas. Esta curva la que mejor explica la distribución de las especies.



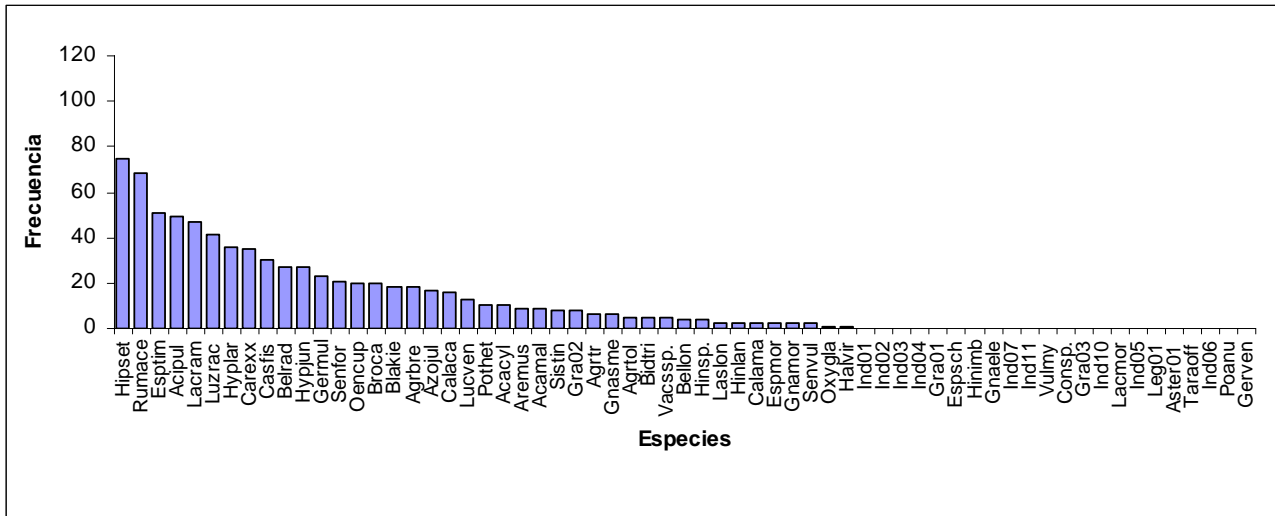
**Figura 25. Curva de saturación de especies de la Transecta 6 para La Escalera.**

### 6.3. Abundancia relativa de especies por transecta.

#### 6.3.1 Piedras Blancas.

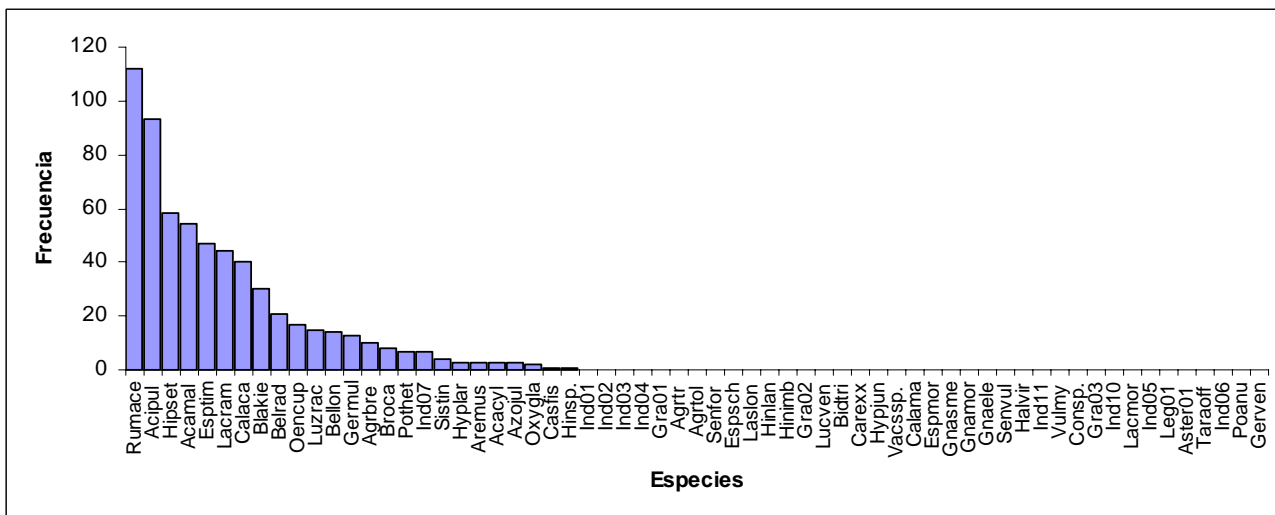
En la figura 26, se observa la distribución de las abundancias relativas de las especies de la Transecta 1 donde las especies que poseen una mayor frecuencia al 50 % son *Hypochaeris setosa*, *Rumex acetosella* y *Espeletia timotensis*, también se observa que hay 19 especies que tienen una frecuencia entre el 50 y 10% muchas de las cuales son especies de páramo altiandino, y 21 especies que podrían estar en la categoría de especies raras por su baja frecuencia menor a 10%. Si comparamos esta distribución de frecuencia con la encontrada en páramo natural por Alvizú (2004), donde las especies que poseen la mayor frecuencia en su transecta y a una misma altura son *Espeletia timotensis*, *Castilleja fissifolia* y *Senesio formosus*, encontramos que la única relación es *E. timotensis* como una especie

muy frecuente, caso contrario con *R. acetosella* y *H. setosa* que son las especies que presentan valores muy bajos de frecuencia si se comparan con nuestra transecta.



**Figura 26. Número de especies de la Transecta 1 para Piedras Blancas.**

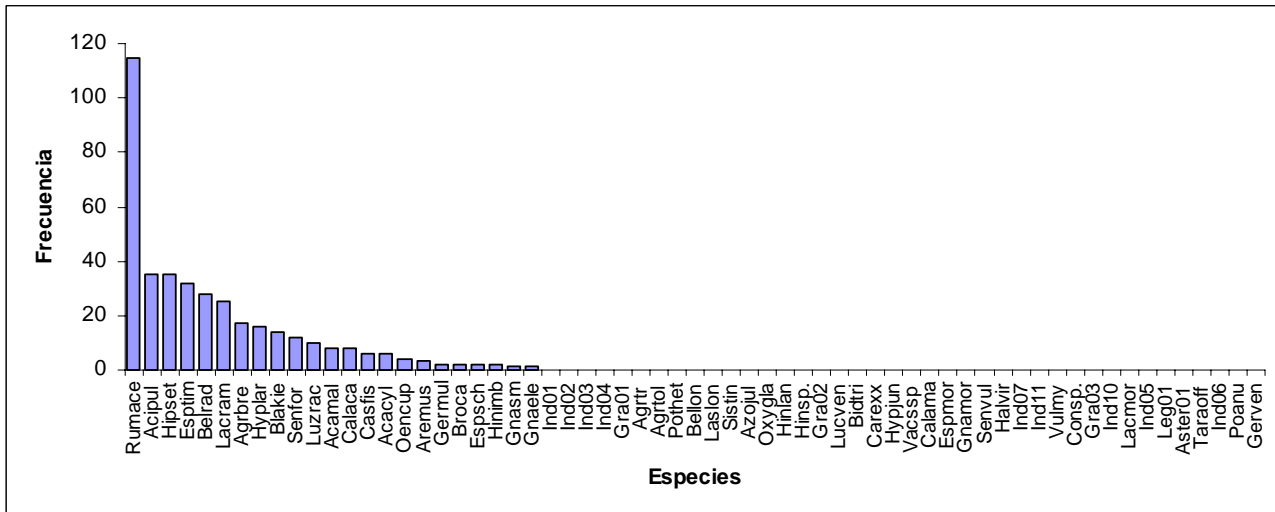
En la figura 27 se observa que la especie que posee la mayor frecuencia es *R. acetosella*, seguido por las especies *Aciachne acicularis*, *H. setosa*, *Acaulimalva acaulis*, *E. timotensis* y *Lachemilla ramosissima*, manteniéndose en esta transecta la alta frecuencia por parte de *R. acetosella* y *E. timotensis*. También se observa que hay una disminución de especies a medida que nos acercamos al sitio perturbado.



**Figura 27. Número de especies de la Transecta 2 para Piedras Blancas.**

La figura 28 sigue la tendencia de la transecta anterior porque la mayor frecuencia lo tiene la especie *R. acetosella*. Al igual se mantiene la tendencia de la disminución

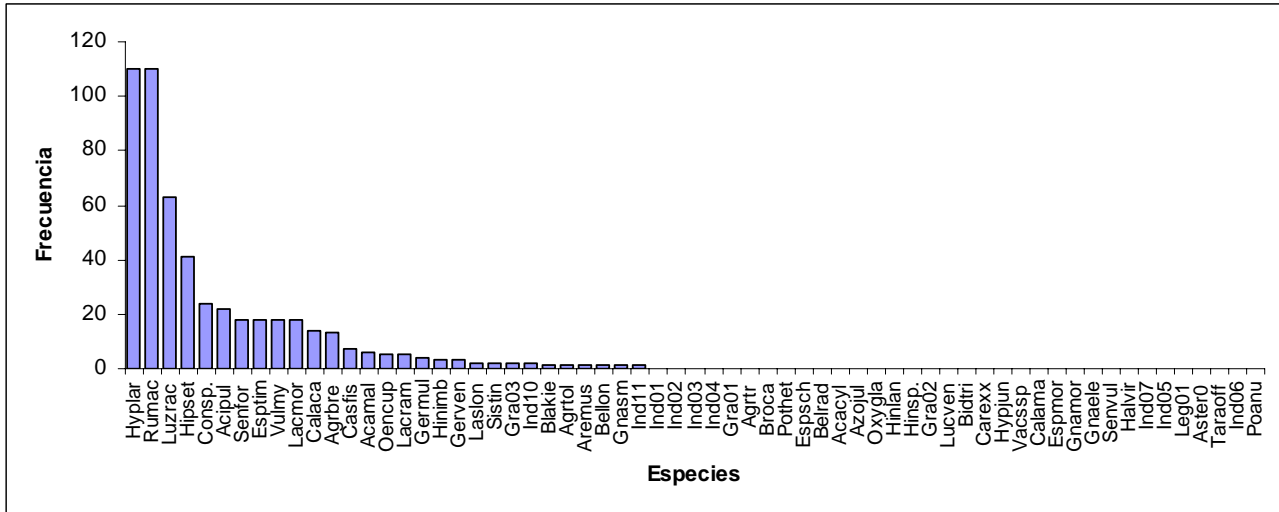
de las especies, ya que se tienen una especie menos en comparación con la Transecta 2. De las 23 especies que hay en esta transecta solo una tiene una frecuencia de 110, por debajo de 40-10 solo hay 10 especies que son las especies intermedias y 12 especies raras



**Figura 28. Número de especies de la Transecta 3 para Piedras Blancas.**

La figura 29 es la llamada transecta de transición o estado intermedio entre el sitio perturbado y el aparentemente no perturbado. Las especies que presentan la mayor frecuencia por encima del 50 % son, *R. acetosella*, *Hypericum laricifolium*, *Luzula racemosa*, apareciendo esta última especie con un número mayor de veces que en las otra transectas, además es una transecta donde el número de especies 29 en total aumenta con relación a las anteriores, excepto a la Transecta1 que posee 42 especies.





**Figura 29. Número de especies de la Transecta 4 para Piedras Blancas.**

La figura 30 muestra que *R. acetosella*, sigue presentando una alta frecuencia, es la especie que predomina en todas las transectas inclusive en la que es llamada Transecta natural. También se observa que hay una disminución de especies con respecto a la Transecta 4, y aparecen especies como *Vulpia myuros*. Se encontraron otras especies que no se pudieron determinar ya que no estaban en flor para esa época y no se realizó su debida identificación, además existe la presencia de una leguminosa a la que tampoco se le pudo realizar su determinación taxonómica. Se observa entonces que es una transecta que posee muy poca equidad.

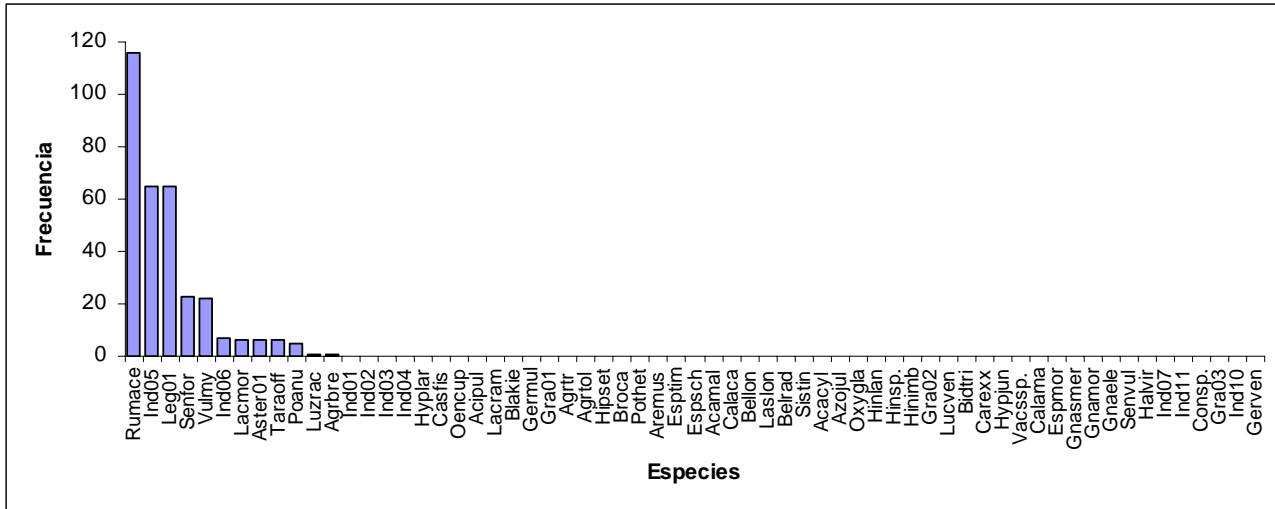


Figura 30. Número de especies de la Transecta 5 para Piedras Blancas.

En la figura 31 se muestra que toma valores más altos o la frecuencia aumenta de otras especies como es el caso de *Geranium multiceps*, *Belloa radians* y una especie indeterminada que las razones de su identificación ya fueron expuestas anteriormente, sin embargo *R. acetosella* mantiene su alta frecuencia aún en sitios perturbados.

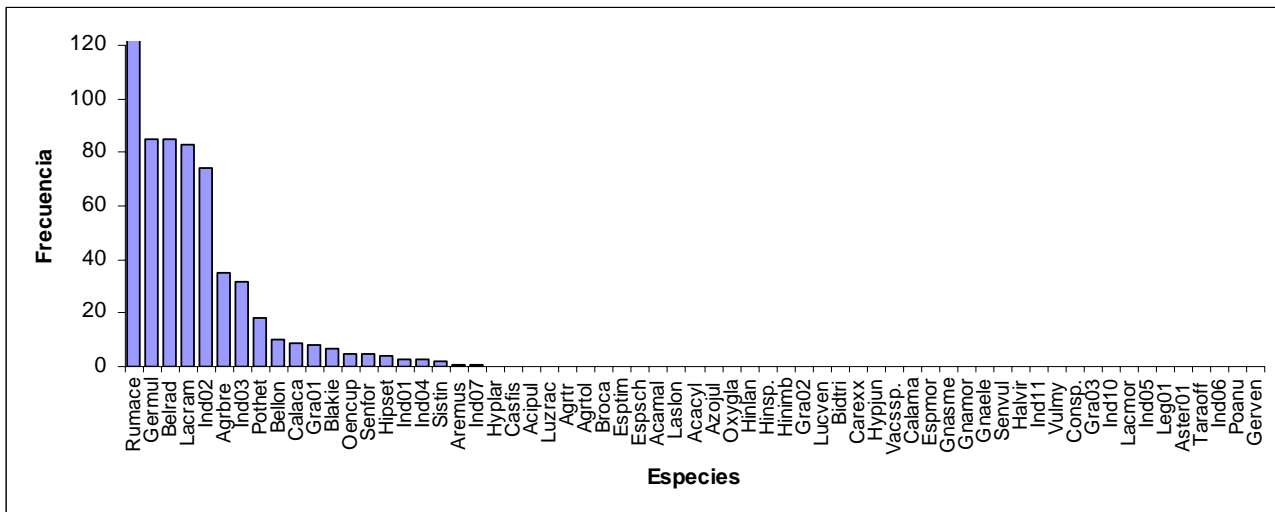


Figura 31. Número de especies de la Transecta 6 para Piedras Blancas.

A lo largo de todas las transectas la especie *R. acetosella*, es la que posee los valores mayores de frecuencia.

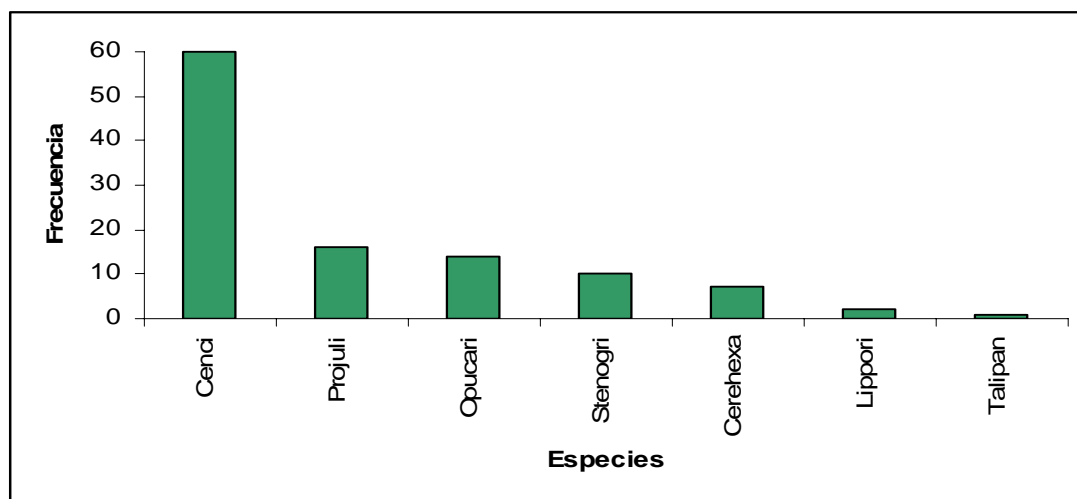
También Sarmiento *et al.* (2003) en un estudio sobre la sucesión ecológica en parcelas con diferentes tiempos de descanso luego de la actividad agrícola en el

páramo Andino obtiene que *R. acetosella*, es la especie mas abundante en los primeros nueve años de sucesión. Estos explican la dominancia de esta especie por su habilidad para colonizar sitios perturbados relacionado con su estrategia reproductiva (Escarre y Houssard, 1989). Esta especie se introdujo en el páramo venezolano como una maleza de trigo cuando los conquistadores españoles introdujeron este cultivo en los Andes.

### 6.3.2 La Escalera.

En la transecta 1 o vegetación natural (figura 32) de esta zona se observa que la especie mas frecuente y que esta por encima del 50 % es *Cenchrus ciliaris*, mientras tres especies presentan frecuencias mayor del 10 % que son *Prosopis juliflora*, *Opuntia caribaea* y *Stenocereus griseus* siendo estas las especies intermedias mientras las tres ultimas presentan frecuencias menor al 10 % perteneciendo esto a especies raras.

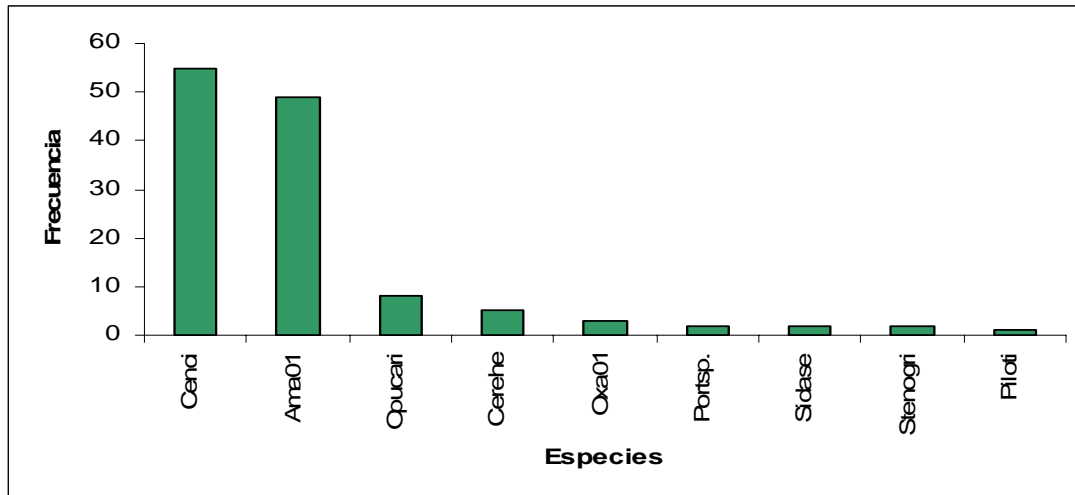
Las especies que están presentes en esta Transecta son una gramínea, una hierba tres cactus y un arbustos.



**Figura 32. Número de especies de la Transecta 1 para La Escalera.**

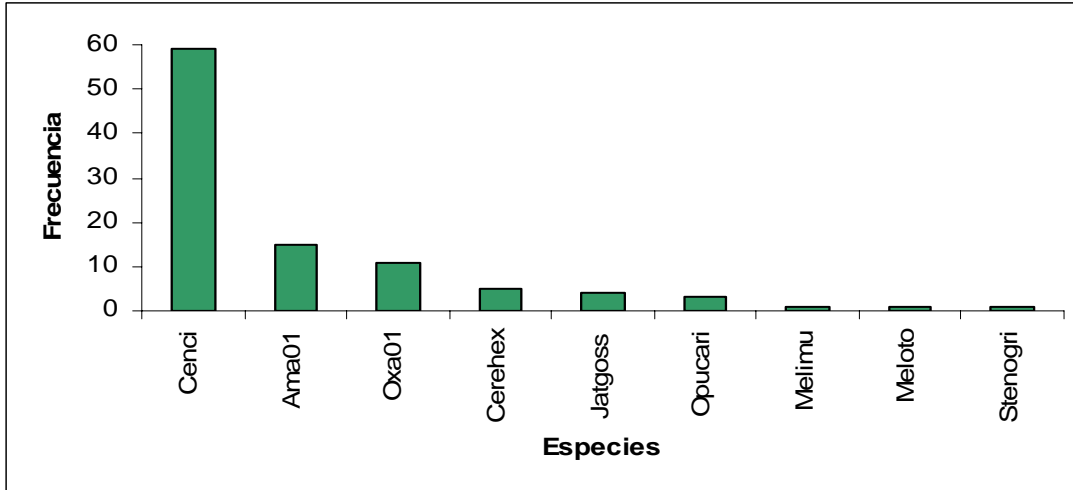
En la figura 33, se muestra como hay un incremento en el número de especies, además que las frecuencias de mayor valor las poseen *C. ciliaris* y Amarantácea 01, mientras las otras especies encontradas están por debajo del 10%. También se encuentran una oxalidácea, una portulaca y cuatro cactáceas, dentro de esta

última se encuentra *Pilosocereus tillianus* el cual es endémico para la zona del Estado Mérida (Ponce y Trujillo, 1990) Cabe destacar que esta transecta es la que posee el mayor tiempo de haber sido abandonada y se encuentra a la misma altitud que la Transecta 1. En esta transecta se observa una gramínea, dos hierbas, tres arbustos y tres cactus.



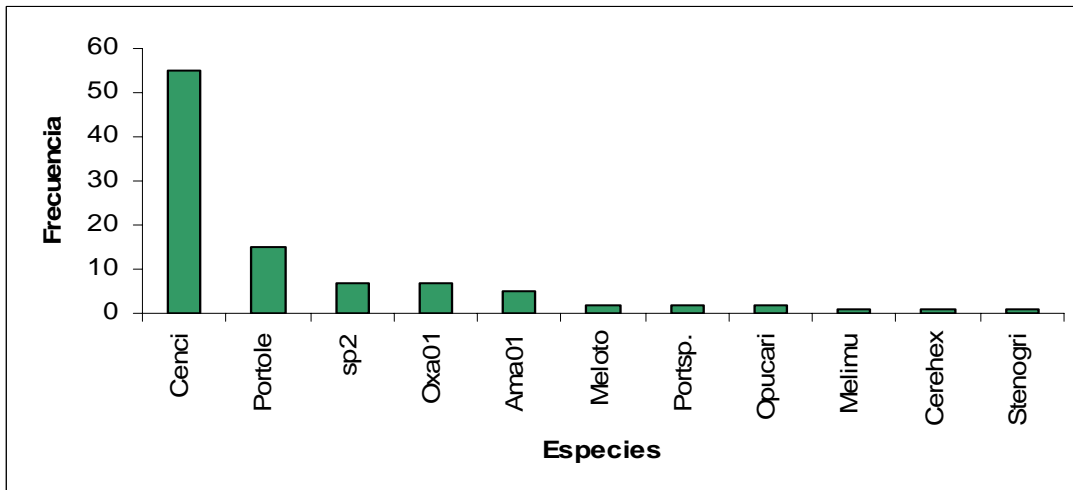
**Figura 33. Número de especies de la Transecta 2 para La Escalera.**

La figura 34 nos muestra que las especies que presentan la mayor frecuencia son las mismas encontradas en la transecta 2, sobresaliendo *C. ciliaris* con más de 60% de frecuencia y el resto con menos del 20%, de igual manera se mantiene el mismo número de especies, solo que hay el reemplazo de tres especies nuevas que son *Jatropha gossypifolia*, *Melinis minutiflora* y *Melochia tomentosa*, las cuales por estar en una transecta con menor tiempo de abandono con respecto a la Transecta 2 indican que sería especies intermedias o que poseen mayores recursos para vivir en sitios con grados de perturbación más altos. En esta transecta están presentes dos gramíneas, una hierba tres arbustos y dos cactus.



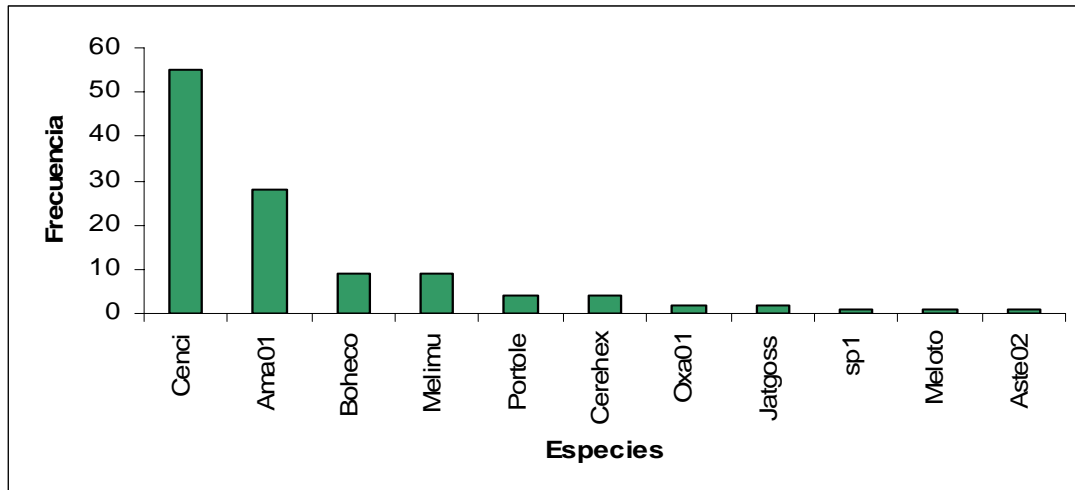
**Figura 34. Número de especies de la Transecta 3 para La Escalera.**

La figura 35 sigue manteniendo a *C. ciliaris* como la especie más abundante, seguido por *Portulaca oleracea* que sin embargo presenta una frecuencia menor al 20%. Por debajo del 10 % se encuentra el resto de la otras especies En dicha transecta se sigue la tendencia en el incremento del número de especies con relación a las Transectas (1,2 y 3) bien podría ser a que las especies nuevas son las que están colonizando esos sitios que tienen un menor tiempo de abandono. En esta transecta están presentes dos gramíneas, una hierba tres arbustos y dos cactus.



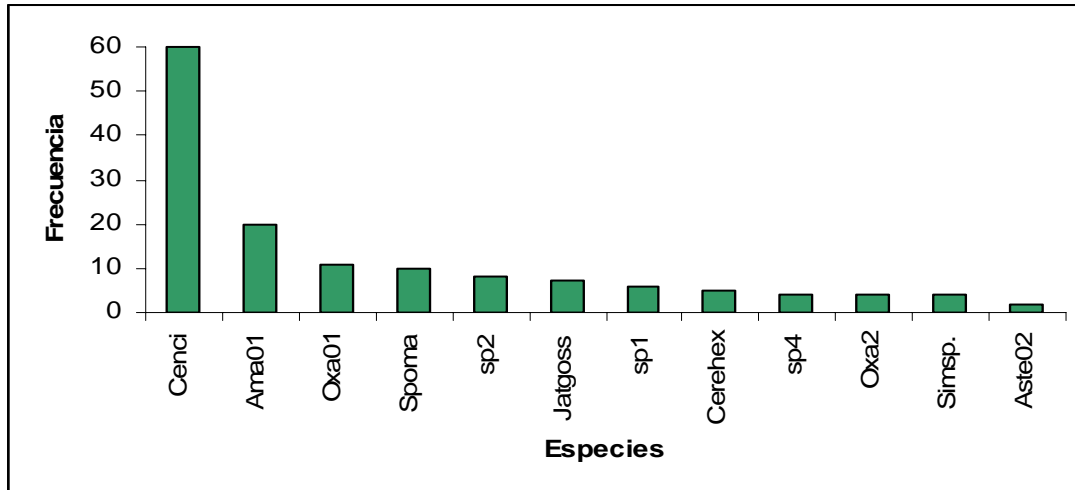
**Figura 35. Número de especies de la Transecta 4 para La Escalera.**

Al igual que en la Transecta 2, la Transecta 5 (Fig. 36) tiene a *C. ciliaris* y Amarantácea 01 como las especies de más altas frecuencias, el resto de las especies presentan bajas frecuencias por debajo del 10%. En esta transecta se mantiene el número de 11 especies, aunque no las mismas con respecto a la Transecta 4. En la Transecta 5 se encuentran presentes dos gramíneas, cuatro arbustos, una hierba y un cactus.



**Figura 36. Número de especies de la Transecta 5 para La Escalera.**

La figura 37 al igual que la gráfica anterior (Fig. 36), sigue manteniendo a las dos especies que aparecen en la Transecta 2 y 5 con los porcentajes de frecuencia más altos. Se continúa el aumento en el número de especies al tener un menor tiempo de abandono, debido a que en las zonas más perturbadas fue el último sitio donde se depositó la basura, teniendo por lo tanto un menor impacto, menor compactación del terreno, de intervención, mayor flujo de gases liberados, entre otros factores. En la Transecta 6 se encuentra que disminuye la presencia de cactus (1), mientras que aumenta la presencia de arbustos (5). Las gramíneas están representadas por dos especies.



**Figura 37. Número de especies de la Transecta 6 para La Escalera.**

Cabe destacar que *C. ciliaris* y *Cereus hexagonus* fueron encontradas en todas las transectas; mientras que las Oxalidáceas y la Amarantácea 01 no se consiguieron en el estado natural (Transecta 1), solo aparecen después de un proceso de perturbación. Podría decirse que estas dos especies son estrategias “r” o plantas invasoras que aprovechan el disturbio o perturbación para invadir esas zonas.

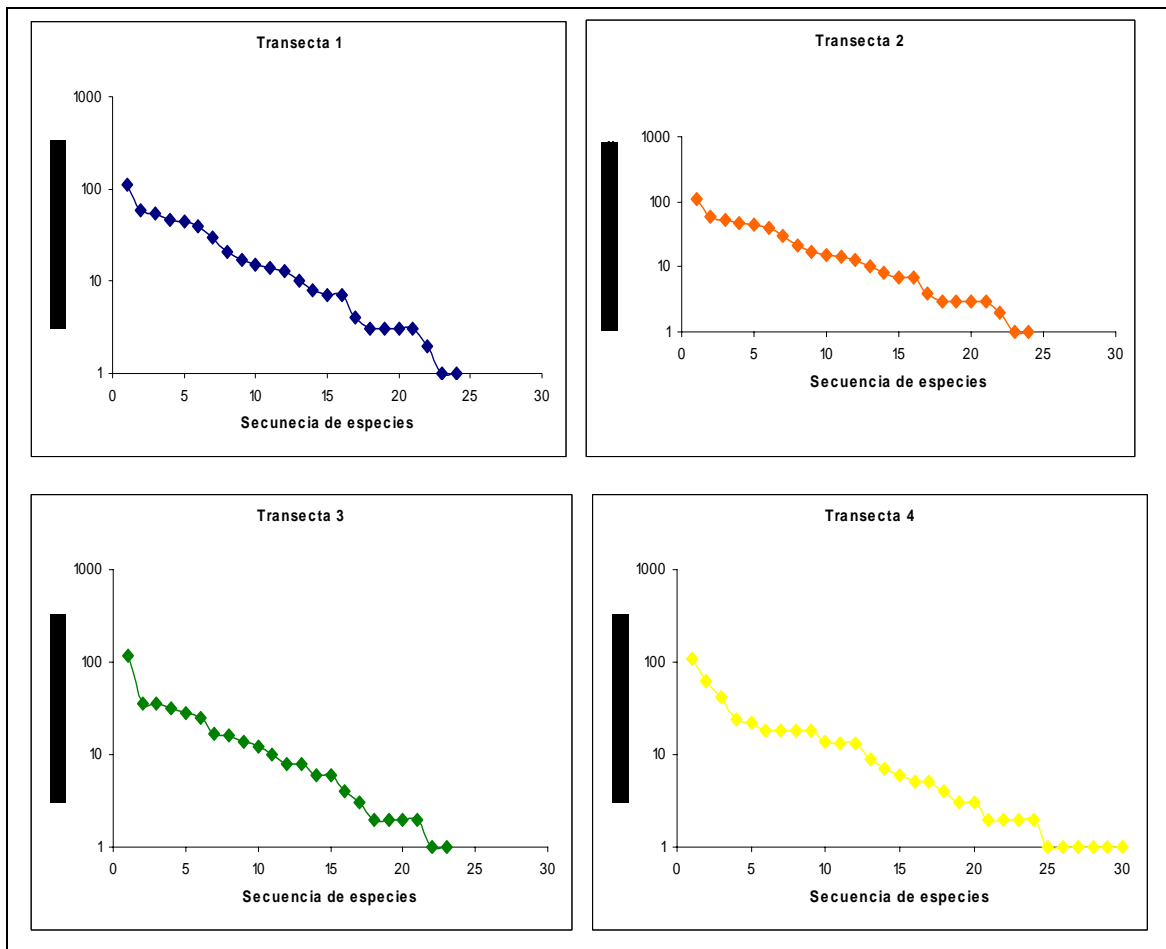
#### **6.4. Curvas de Abundancia-Dominancia de especies para los sitios de disposición final de desechos sólidos bajo estudio.**

A continuación se muestran las gráficas de las transectas realizadas en ambas zonas para medir la fitodiversidad:

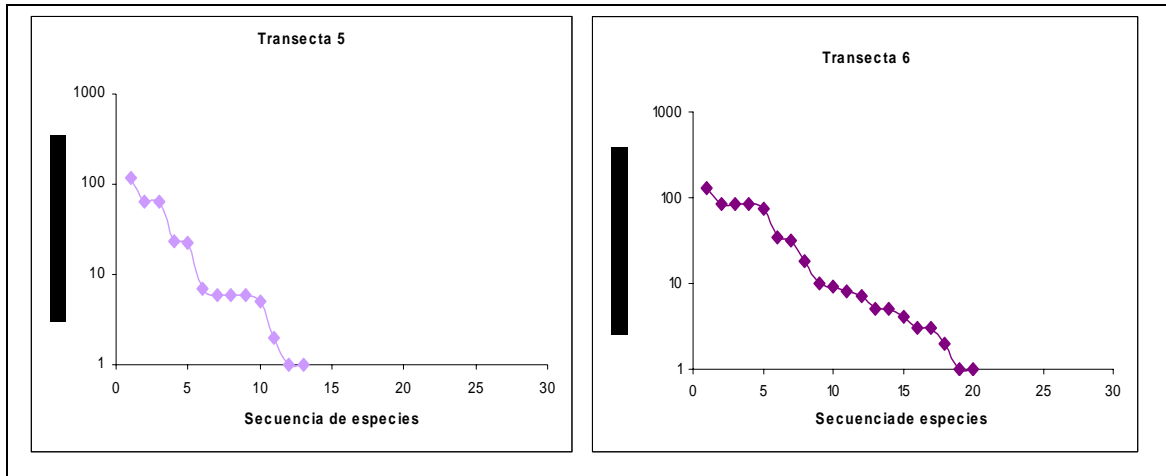
##### **6.4.1. Piedras Blancas.**

En la figura 38 se muestra que las curvas de abundancia-dominancia de todas las transectas parecieran seguir el modelo de la serie logarítmica. Es decir, se produce un incremento sustancial del número de especies raras, corroborando lo ya descrito en la abundancia relativa de las especies donde se observo como a medida que nos alejamos del sitio natural Transecta 1 hacia el mas perturbado, la frecuencia de especies raras aumento. Cabe mencionar que la Transecta 5

también se ajusta a la serie antes mencionada, pero el número de especies encontrados allí es mucho menor que en todas, atribuido a que presenta una pendiente muy pronunciada y es la parte que recubre al sitio de disposición final de desechos sólidos a cielo abierto, esto también sucede en la Transecta 6 a medida que incrementa la secuencia de especies el número de individuos disminuye no tan bruscamente como en la Transecta 5, pero si hay una disminución considerada. Comparando con el trabajo de Chaneton y Facelli (1991), se observa que parcelas que poseen un grado de disturbio como un anegamiento o donde se realizo pastoreo, la riqueza de especies disminuyo, pero la diversidad de las parcelas fue más alta en las parcelas perturbadas. Si también se compara con el trabajo hecho por Sarmiento *et al.* (2003), donde ellos encontraron que la mayor diversidad se encontró en los sitios que fueron abandonados después de ser cultivados es decir sitios que habían presentado un disturbio.





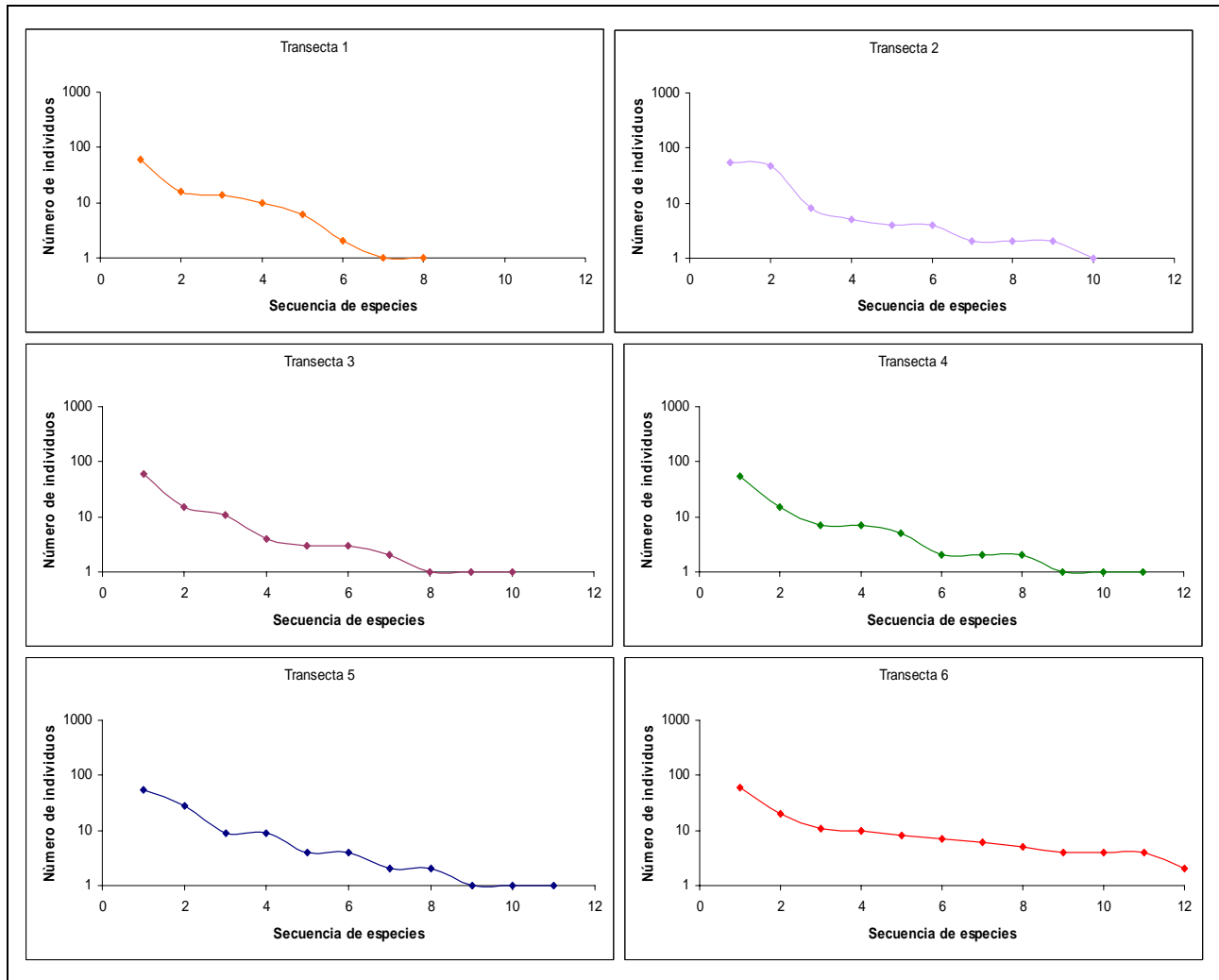


**Figura 38. Curvas de dominancia diversidad de las Transectas de Piedras Blancas ajustadas a un modelo para la distribución de especies.**

#### 6.4.2. La Escalera.

Como en el caso de Piedras Blancas, se puede detallar aquí que la curva de dominancia diversidad también se ajustan para los datos de La Escalera, específicamente el de la serie logarítmica. Como se observa en las graficas la Transecta 6 se ajusta al modelo de la vara partida donde la abundancia esta repartida equitativamente a lo largo de la transecta, siendo esta la posee el mayor número de individuos. Este modelo también nos permite describir que hay un incremento en el número de especies a medida que nos desplazamos desde la zona natural hacia la intervenida o perturbada, una de los factores a los que se le atribuye este aumento en la riqueza de especies, aunque no muy significativo son a las condiciones del sustrato en dichas zonas perturbadas, ya que allí no hay suelo por ser esto un relleno, otro factor puede ser es que hubo un mayor banco de semillas viables en ese sustrato, o que esas semillas estaban en el sitio esperando un sustrato propicio, un espacio “abierto” para colonizarlo, invadirlo y crecer rápidamente allí, presentando formas de vida de estrategias “r”. Otro factor es que hay una mayor cantidad de semillas transportadas por el viento, o por aves, murciélagos, animales que merodean el lugar y comen desperdicios que por zocoria o epizocoria transportan y dejan semillas que germinan y colonizan el lugar. Como sugerencia para trabajos posteriores podrían realizarse un estudio minucioso del banco de semillas presentes en este lugar.

Caso contrario para la Transecta 1 o vegetación natural que esta ubicada al lado de la carretera que conduce hacia la población de el Vigía donde los movimientos de masas de aire son muy diferentes a las presentes en la zona donde se realizo el censo de las transectas 2, 3, 4, 5 y 6, ya que este sirve como de barrera para que estas corrientes no choquen de frente y ayuden a reseca mas el sustrato allí presente.



**Figura 39. Curvas de dominancia diversidad de las Transectas de La Escalera ajustadas a un modelo para la distribución de especies.**

## 6.5. Índices de Diversidad.

Una de las formas de evaluar la estructura de la comunidad, es decir la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, su abundancia

relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc., es a través de los índices de diversidad que se presentan a continuación para los dos lugares, Piedras Blancas y La Escalera.

### 6.5.1. Piedras Blancas.

|                    |  | Perturbado |      |      |      |      |      |
|--------------------|--|------------|------|------|------|------|------|
|                    |  | -          | →    |      |      |      | +    |
| Índice \ Transecta |  | T1         | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   |
| Simpson            |  | 0.05       | 0.1  | 0.12 | 0.13 | 0.22 | 0.13 |
| 1-S                |  | 0.95       | 0.9  | 0.88 | 0.87 | 0.78 | 0.87 |
| 1/S                |  | 20         | 10   | 8.3  | 7.7  | 4.5  | 7.7  |
| Shannon (nats)     |  | 3.30       | 2.24 | 2.44 | 1.76 | 1.79 | 2.29 |

**Tabla 1. Resumen de los índices de Diversidad para Piedras Blancas.**

En la tabla 1 están representados los índices de Simpson de todas las Transectas empezando desde el sitio menos perturbado o Transecta natural hasta llegar al sitio mas perturbado, y que posee un menor tiempo de haber sido abandonado. Al comparar estos índices encontrados que en la Transecta 1 la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie es baja, comparando esta con las Transecta 5 donde la probabilidad de encontrar que dos individuos pertenezcan a la misma especie es alta, mientras las Transectas, 2, 3, 4 y 6 poseen índices muy parecidos.

Como lo indica el complemento de Simpson (1-S) y el inverso (1/S) la probabilidad que dos individuos sacados al azar sea diferentes disminuye a lo largo que nos desplazamos de la zona menos perturbada hacia la más perturbada, o la que presenta un menor tiempo de abandono.

En cuanto al índice de Shannon-Wiener el grado promedio de incertidumbre disminuye, por lo que decrece la probabilidad en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar, a lo largo que se desplaza desde el área natural hacia las más perturbadas. En este sentido el grado de mayor incertidumbre la encontramos en la Transecta 1 por esta la que presenta un mayor número de especies y ser de todas la mas heterogénea.

Si comparamos estos resultados con los estimados a partir de los datos reportados por Alvizú (2004) para un páramo natural (tabla 2), encontramos que el índice de Simpson es el doble de la Transecta 1, lo que indica que la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie es mayor en un páramo natural. Por otra parte, los valores obtenidos en las Transectas 2,3,4 y 6 son muy similares. En cuanto, al grado de incertidumbre de una transecta natural se observa que es menor al de la Transecta 1.

| Índice / Transecta | Transecta 4194 msnm |
|--------------------|---------------------|
| Simpson            | 0.10                |
| 1-S                | 0.90                |
| 1/S                | 10                  |
| Shannon (nats)     | 2.53                |

**Tabla 2. Valores estimados de Diversidad a partir de los datos de Alvizú (2004), para una transecta en Piedras Blancas**

| Transectas | T1    | T2     | T3     | T4    | T5     |
|------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| T2         | 4,72* |        |        |       |        |
| T3         | 4,72* | 0,36   |        |       |        |
| T4         | 3,40* | -2,18* | -2,40* |       |        |
| T5         | 7,22* | 3,31*  | 2,86*  | 5,35* |        |
| T6         | 5,38* | 0,97   | 0,57   | 0,71  | -2,35* |

\* Diferencias estadísticamente significativas entre pares de transectas.  $P < 0.05$

**Tabla 3. Test de significancia ( $P < 0.05$ ) de Shannon-Wiener para las transectas de Piedras Blancas.**

Al realizar el test de significancia por la comparación del índice Shannon- Wiener de una transecta con otra, los valores de F calculados para un  $\alpha = 0.05$  obtenemos que los valores que están marcados con un asterisco presenta diferencias significativas. Al comparar las Transectas 2 y 3, Transectas 2 y 6, Transectas 3 y 6 no presentan diferencias estadísticamente significativas. De igual modo las Transectas 4 y 6 no presentan diferencias significativas es decir están dentro del intervalo de confianza establecido. Comprobándose lo que se había dicho anteriormente en las figuras 10 y 11 de que la riqueza específica en las

transectas 2, 3 y 6 son similares, y en las Transectas 4 y 6 comparten el mismo número de especies por segmento. Al mismo tiempo en la tabla 1 se indica que las transectas 2, 3, 4 y 6 no presentan diferencias significativas.

### 6.5.2. La Escalera.

|                    |      | Perturbado<br>- —————> + |      |      |      |      |
|--------------------|------|--------------------------|------|------|------|------|
| Índice \ Transecta | T1   | T2                       | T3   | T4   | T5   | T6   |
| Simpson            | 0.22 | 0.30                     | 0.35 | 0.39 | 0.34 | 0.35 |
| 1-S                | 0.78 | 0.70                     | 0.65 | 0.61 | 0.66 | 0.65 |
| 1/S                | 4.47 | 3.35                     | 2.83 | 2.58 | 2.91 | 2.88 |
| Shannon (nats)     | 0.71 | 1.68                     | 1.52 | 1.24 | 1.35 | 1.38 |

**Tabla 4. Resumen de los índices de Diversidad para La Escalera.**

En la tabla 4 se resumen los valores de Simpson, que indican la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. En las transectas aumenta a medida que nos acercamos a la zona perturbada, con una mayor posibilidad en la Transecta 4 que es la que presenta el mayor valor del índice.

En cuanto al complemento de Simpson (1-S) la probabilidad de que sean diferentes disminuye a medida que nos acercamos a las transectas que poseen menor tiempo de abandono. Mientras el inverso del Simpson (1/S), de que cada individuo sea una especie diferente disminuye a medida que nos acercamos al sitio perturbado.

Por otro lado el índice de Shannon indica que el grado de incertidumbre aumenta desde la Transecta 2 hasta la Transecta 6, donde el grado de incertidumbre es mayor por la presencia de más especies.

| Transectas | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T2         | -1,03 |       |       |       |       |
| T3         | -1,08 | -0.05 |       |       |       |
| T4         | -1,80 | -0.85 | -0,82 |       |       |
| T5         | -1,73 | -0,78 | -0,74 | 0.06  |       |
| T6         | -2,00 | -1,09 | -1,05 | -0,26 | -0,31 |

**Tabla 5. Test de significancia ( $P < 0.05$ ) de Shannon-Wiener para las transectas de La Escalera.**

Al realizar el test de significancia por la comparación del índice Shannon- Wiener de una transecta con otro, los valores de F calculados con un  $\alpha= 0.05$  caen todos dentro del intervalo de confianza, lo cual nos indica que todas las transectas al ser comparadas entre ellas no presentan diferencias significativas. Se comprueba lo que se mencionaba con las figuras 12 y 13 y la tabla 3, de que todas las transectas con mayor tiempo de abandono son similares por la riqueza específica por segmento, total e índices de diversidad

## **6.6. Especies por segmento representadas a través de los números de Hill.**

Debido a las propiedades anteriormente expuestas, se interpretan a continuación los datos de diversidad para ambas zonas a través del modelo propuesto por Hill

### **6.6.1. Piedras Blancas.**

En la tabla 6 se observa cada una de las transectas identificando todos los puntos del modelo propuesto por Hill, donde esfuerzo necesario para estudiar todas las especies incluyendo las raras, es encontrado en la Transecta 1, siendo esta la transecta que posee el menor tiempo de abandono, y la que posee el mayor número de especies. Al comparar esta transecta con la Transecta de Alvizú (2004) realizada en vegetación natural y a una altura de 4194 msnm en una zona aledaña al sitio del disturbio se observa que en esta última se necesita un menor esfuerzo para estudiar todas las especies incluyendo las raras y también posee un menor número de especies, en comparación a la realizada en este estudio, mientras que las especies muy frecuentes, frecuentes y medianamente frecuentes llamadas ( $N_1$ ) también es mayor en la Transecta 1 con respecto a las transectas sucesivas, el número aparentemente de especies muy abundantes o frecuentes ( $N + \infty$ ), disminuye al acercarse al sitio con menor tiempo de abandono, debido a el tiempo de recuperación por parte de las especies presentes en estas transectas perturbadas no ha sido el suficiente como para reponerse en número de especies

y en número de individuos por especie, solo han pasado unos 11 años desde que fue abandonado y se requiere según Tchobanoglous *et al.* (1994) entre 30 y 50 años para tener una compactación máxima y así obtener una recuperación total de la vegetación natural.

Otro dato importante es que el esfuerzo necesario para estudiar todas las especies incluyendo las raras ( $N - \infty$ ) disminuye a medida que nos acercamos al sitio con menor tiempo de abandono y el número de especies totales ( $N_0$ ) de cada transecta también lo hace. Si comparamos el  $N_0$  solo para las Transectas 5 y 6, las que presentan un mayor grado de disturbio y un menor tiempo de haber sido abandonadas, se observa que la diferencia en el número total de especies es reducido, mientras que el esfuerzo necesario para estudiar todas las especies incluyendo las raras la Transecta 6 tiene el comportamiento contrario, es casi el doble que la Transecta 5, debido a que la Transecta 6 se encuentra en una zona donde la pendiente es poco pronunciada con respecto a la Transecta 5 en el cual existe un 80 % de pendiente.

| # Hill                         | T1           | T2           | T3           | T4          | T5          | T6          | Alvizú       |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b><math>N - \infty</math></b> | <b>755</b>   | <b>610</b>   | <b>384</b>   | <b>516</b>  | <b>323</b>  | <b>598</b>  | <b>229</b>   |
| <b>No</b>                      | <b>42</b>    | <b>23</b>    | <b>22</b>    | <b>29</b>   | <b>13</b>   | <b>20</b>   | <b>23</b>    |
| <b>N1</b>                      | <b>27.11</b> | <b>10.45</b> | <b>11.47</b> | <b>7.7</b>  | <b>5.98</b> | <b>9.87</b> | <b>12.55</b> |
| <b>N2</b>                      | <b>20</b>    | <b>10</b>    | <b>8</b>     | <b>5.81</b> | <b>5</b>    | <b>8</b>    | <b>9.22</b>  |
| <b><math>N + \infty</math></b> | <b>10.06</b> | <b>5.44</b>  | <b>3.33</b>  | <b>4.69</b> | <b>2.78</b> | <b>4.67</b> | <b>5.08</b>  |

**Tabla 6. Números de Hill para las transectas del páramo de Piedras Blancas, adicionando la transecta natural realizada por Alvizú (2004).**

### 6.6.2. La Escalera.

Todas las transectas que se encuentran en la tabla 7 siguen un incremento en el número de especies ( $N_0$ ), desde la zona con mayor tiempo de abandono hasta la que posee el menor tiempo, en cuanto a las especies muy frecuentes y frecuentes poseen los mismos valores, las medianamente frecuentes que son la mayoría de las especies para dicha zona agrupan a las transectas perturbadas por tener condiciones similares de disturbio y la separan de la natural.

Con respecto al esfuerzo necesario para percibir todas las especies incluyendo las raras el mayor valor lo posee la Transecta 6 debido a que no ha tenido el tiempo suficiente para recuperar su valor en abundancia (número de individuos por especies) a pesar de tener una recuperación en cuanto a su riqueza (número de especies).

La zona de La Escalera presento un mayor perturbación el sentido del movimiento de tierra fue mayor durante el proceso de colocación de los desechos sólidos y posterior abandono del sitio por medio de maquinaria pesada, permitiendo un mejor asentamiento y compactación de los desechos. Sin embargo, se necesita un mayor tiempo de compactación para tener posteriormente la recuperación total de las especies en cuanto a su abundancia y a su riqueza, siendo esta última muy similar entre la transecta con menor tiempo de abandono y las que tienen mayor tiempo ya que en los primeros 5 años de abandono se produce aproximadamente el 90% del asentamiento (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

| # Hill       | T1         | T2         | T3         | T4        | T5         | T6         |
|--------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| <b>N - ∞</b> | <b>110</b> | <b>127</b> | <b>100</b> | <b>98</b> | <b>116</b> | <b>141</b> |
| <b>No</b>    | <b>7</b>   | <b>9</b>   | <b>9</b>   | <b>11</b> | <b>11</b>  | <b>12</b>  |
| <b>N1</b>    | <b>2</b>   | <b>5</b>   | <b>5</b>   | <b>3</b>  | <b>4</b>   | <b>4</b>   |
| <b>N2</b>    | <b>1</b>   | <b>3</b>   | <b>3</b>   | <b>3</b>  | <b>3</b>   | <b>3</b>   |
| <b>N + ∞</b> | <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>   | <b>2</b>  | <b>2</b>   | <b>2</b>   |

**Tabla 7. Números de Hill para las diferentes transectas en La Escalera**



## 6.7. Índice de Similitud Florística.

Se utilizó el índice Sørensen, el cual expresa el grado de similitud florística semejante entre transectas.

### 6.7.1. Piedras Blancas.

| Transectas | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|------------|----|----|----|----|----|
| T2         | 72 |    |    |    |    |
| T3         | 65 | 75 |    |    |    |
| T4         | 57 | 64 | 67 |    |    |
| T5         | 15 | 16 | 22 | 25 |    |
| T6         | 48 | 62 | 52 | 42 | 19 |

**Tabla 5. Coeficiente de similitud de Sørensen entre transectas.**

Esta tabla muestra que los valores más altos corresponden a la Transecta 1 con 2, 1 con 3, 2 con 3, 2 con 4, 2 con 6 y 3 con 4, donde la mayoría presentan diferencias significativas en cuanto a la diversidad de especies (Tabla 2) pero tienen grandes semejanzas florísticas. Solo de las transectas que presentan significancias similares en diversidad, las Transecta 2 con 3 y 2 con 6 tienen semejanza florística.

Los porcentajes más bajos al compararse los pares de transectas, son en la que se encuentra presente la Transecta 5, debido a que esta presenta una mayor pendiente, el sustrato no es compacto, mientras que el resto de las transectas son más homogéneas en estas características.

### 6.7.2. La Escalera.

| Transectas | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|------------|----|----|----|----|----|
| T2         | 25 |    |    |    |    |
| T3         | 50 | 44 |    |    |    |
| T4         | 44 | 55 | 80 |    |    |
| T5         | 22 | 30 | 70 | 63 |    |
| T6         | 21 | 28 | 47 | 40 | 63 |

**Tabla 6. Coeficiente de similitud de Sørensen entre transectas.**

En la tabla 6 se presentan los resultados del coeficiente de similitud florística de Sørensen para el sitio de disposición de desechos sólidos llamado La Escalera,

donde los valores encontrados concuerda con los calculados para el índice de Shannon-Wiener y donde todos los valores presentan una tendencia igual.

Notándose que las transectas que presentan mayores valores son la Transecta 3 con 4, 3 con 5, 4 con 5 y 5 con 6. Las demás transectas son estadísticamente iguales, si se observa un comportamiento diferente entre estas transectas, debido a que están ubicadas en la parte que presenta un menor tiempo de abandono, que el sustrato presente allí no sufrió una compactación tan fuerte como las transectas que están debajo de ellas y/o que poseen un mayor tiempo de abandono, además en estas zonas debería haber una mayor cantidad de nutrientes.

## Capítulo 7: CONCLUSIONES.

Basados en este trabajo y en otros hechos en zonas aledañas podemos llegar a las siguientes conclusiones para ambos sitios:

- La hipótesis formulada fue corroborada y se encontró que las áreas con mayor tiempo después del disturbio tenían una diversidad parecida a las áreas naturales, las áreas recién abandonadas eran diferentes a las naturales y las áreas intermedias presentaban una tendencia hacia la comunidad natural.
- Se encontraron 65 especies para la zona de Piedras Blancas, de las cuales 4 son introducidas: *Calamagrostis sp.*, *Poa annua*, *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinalis*, un grupo de especies son endémicas para Venezuela: *Acaulimalva acaulis*, *Azorella julianii*, *Geranium venezuelae*, *Hinterhubera imbricada*, *Hinterhubera laseguei*, *Lachemilla ramosissima* y *Lasiocephalus longipenicillatus*, y el resto son especies nativas. Para La Escalera se encontraron 26 especies, de las cuales se tiene una especie endémica para el estado Mérida; *Pilosocereus tillianus*
- En cuanto a las curvas de saturación de especies para Piedras Blancas la transecta que se llega a saturar es la 2, mientras las otras transectas tienen algunos puntos de saturación con ligeros aumentos, teniendo  $r^2$  que se ajustan a la curva y cercanos a la unidad. Mientras que en la Escalera, por tener una vegetación tan homogénea todas las transectas, exceptuando la Transecta 1 presentan curvas de saturación de especies y también presentan  $r^2$  cercanos a la unidad.
- Para la zona de Piedras Blancas las especies que presentaron una mayor frecuencia son *H. setosa*, *R. acetosella* y *E. timotensis* en las primeras tres transectas, pero *R. acetosella* se mantiene como indicadora de ser una

especie pionera para zona de sitios perturbados. En la zona de La Escalera se determinó que la especie que posee una mayor frecuencia es *C. ciliaris*, la cual se encuentra en todas las transectas al igual que *C. hexagonus*; mientras que las Oxalidáceas y la Amarantácea 01 se consiguieron solo en las transectas perturbadas.

- Al ajustar los datos al modelo de curva de Dominancia-Diversidad, los valores obtenidos en estas transectas desde el sitio natural hasta los sitios que presenta un mayor grado de disturbio para Piedras Blancas y La Escalera adoptan el modelo de la serie logarítmica siendo este un indicador del incremento sustancial del número de especies raras.
- Al comparar las transectas por el test de Shannon-Wiener, se encontró que son estadísticamente iguales en la zona de Piedras Blancas la Transecta 2 con T3, Transecta 2 con T6, Transecta 3 con T6 y Transecta 4 con la T6, y en La Escalera todas los pares de transectas, lo cual se comprueba que toda la vegetación a lo largo de todo el gradiente desde natural hasta mas perturbado o menor tiempo de abandono es muy homogénea, es decir el grado de incertidumbre entre transectas es muy poco.
- Desde la Transecta natural hacia la de menor tiempo de abandono el índice de Simpson aumenta y el de Shannon-Wiener disminuye para Piedras Blancas, mientras que para La Escalera ambos índices aumentan.
- Por medio de los número de Hill se determinó para Piedras Blancas que la Transecta 1 es la que presenta el mayor número de especies totales y de especies raras, valores que disminuyen hasta la Transecta 6. Caso contrario para La Escalera, el mayor número de especies totales y de especies raras se encontró en la Transecta 6, valores que disminuyen hacia la Transecta natural.

- A través del índice de Sørensen se encontró que los que poseen los valores altos en cuanto a similitud florística son la Transecta 1 con 2, 1 con 3, 2 con 3, 2 con 4, 2 con 6 y 3 con 4 para Piedras Blancas, mientras que para La Escalera son la Transecta 3 con 4, 3 con 5, 4 con 5 y 5 con 6.
- En los DCA realizados para ambas zonas se logra establecer una separación de las especies a lo largo de las diferentes transectas, atribuido a factores como la pendiente y el tiempo de abandono.
- La recuperación de la vegetación en el sitio de disposición de desechos sólidos a cielo abierto para Piedras Blancas es muy lenta y para la zona de La Escalera el proceso es mucho más rápido, teniendo ambos el mismo tiempo de abandono.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Acevedo, C. 1998. La Diversidad Biológica de Paraguay: una visión general. En: Halffter, G. (comp.). La Diversidad Biológica de Iberoamerica III. Volumen Especial. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 3-75 p.
- Alvarado, J. y Pacheco, C. 1992. Evaluación de las características fisicoambientales e hidrológicas de la Hacienda Caparú, con fines de construcción de un relleno sanitario para la ciudad de Mérida. Mimeografía. MARNR-CIDIAT. 44 pp.
- Alvizú, P. 2004. Complejidad y respuesta funcional de la vegetación de páramo a lo largo de gradientes altitudinales. Tesis Doctoral. Postgrado en Ecología Tropical. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 115 pp.
- Andressen, R. y Ponte, R. 1973. Climatología e Hidrología. Subproyecto II del estudio integral de las cuencas de los ríos Chama y Capazón. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Renovables. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 135 pp.
- Ataroff, M. y Sarmiento, L. 2003. Diversidad en Los Andes de Venezuela. I Mapa de Unidades Ecológicas del Estado Mérida. CD-ROM, Ediciones Instituto de ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Begon, M.; Harper, J.L. y Townsend, C.R. 1999. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 886 pp.
- Cabeza, M. 2000. Factores a considerar en el diseño, la clausura, la postclausura de un relleno sanitario. Criterios de saneamiento de sitios de deposición final de desechos sólidos municipales. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. 10 pp.
- Channeton, E.J. y Facelli, J.M. 1991. Disturbance effects on plant community diversity: spatial scales and dominance hierarchies. *Vegetatio* 93:143-155.

- CIDIAT. 1988. Levantamiento topográfico, relleno sanitario actual, escala 1:500. Diseño y Operación de un relleno sanitario para la ciudad de Mérida. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.
- Clements, F.E. 1928. Plant succession and indicators: a definitive edition of plant succession and plant indicators. The H. Wilson Company. New Cork, U.S.A. 560 pp.
- Colinvaux, P. 1980. Introducción a la ecología. 10<sup>ma</sup> Reimpresión. Editorial Limusa. Grupo Noriega Editores. Ciudad de México, México. 641 pp.
- Condeza, V. 1997. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 3<sup>ra</sup> edición. Madrid, España. 329 pp.
- Connell, J.H. y Slatyer, R.O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111:1119-1144.
- Dagét, P. 1980. Le nombre de diversité de Hill, un concept unificateur dans la théorie de la diversité écologique. *Acta Oecologica* 1:51-70.
- Escarre, J. y Houssard, C. 1989. Variations de populations de *Rumex acetosella* L. le long d'une sucesión secondaire: I. Allocation de biomasse. *Acta Oecologica* 10:3-19.
- Fariñas, M.R. 1996. Análisis de la vegetación y de sus relaciones con el ambiente mediante métodos multivariantes de ordenamiento. Trabajo de Ascenso. Postgrado en Ecología Tropical. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Universidad de los Andes. 98 pp.
- Gómez, D. 1999. Evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi- Prensa. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, España. 701 pp.
- Goodman, D. 1975. The theory of diversity-stability relations in ecology. *Quaternary Review of Biology* 50:237-266.
- Grime, J.P. 1974. Vegetation Classification by Referente to strategies. *Nature* 250:26-31.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.

- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104:501-528.
- Kent, M. y Coker, P. 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach.* Belhaven, Londres. 363 pp.
- La Marca, E. 1998. Biodiversidad de Anfibios en los Andes de Venezuela. En: Halffter, G. (comp.). *La Diversidad Biológica de Iberoamerica III. Volumen Especial.* *Acta Zoológica Mexicana, nueva serie.* Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 199-210 p.
- Magurran. A. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement.* Princenton University Press. New Jersey, U.S.A. 179 pp.
- Malave, J. 1988. *La gestión Ambiental..* Ediciones Iesa. Corpoven Filial de Petróleos de Venezuela. Caracas, Venezuela. 137 pp.
- Margalef, R. 1977. *Ecología.* Ediciones Omega. Barcelona, España. 915 pp.
- Márquez, E. 2002. *Distribución altitudinal de Poaceas como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las bajas temperaturas.* Tesis de Maestría. Postgrado en Ecología Tropical. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Universidad de los Andes. 93 pp.
- Matteucci, S.D. y Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación.* Serie de Biología. Monografía N° 22. Serie General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., U.S.A. 168 pp.
- May, R.M. 1981. *Pattern in multi-species communities.* In: May, R.M. (ed.). *Theoretical. Ecology. Principles and Applications.* Blackwell. Oxford, U.S.A. 197-227 p.
- McCook, L.J. 1994. *Understanding ecological community succession: Causal models, and theories, a review.* *Vegetatio* 110:115-147.
- Molinari, J. 1989. *La diversidad ecológica: Un enfoque unificado, conceptual y metodológico, para su cuantificación.* Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. 164 pp.
- Monasterio, M. 1980 a. *Las formaciones vegetales de los páramos de Venezuela.* En M. Monasterio (Ed.). *Estudios Ecológicos de los Paramos Andinos.* Ediciones de la Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 93-158p.



- Monasterio, M. y Molinillo, M. 2004. Los páramos de Venezuela. En: Hofstede, R.; Segarra, P. y Mena, P. (eds.). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, Ecuador. 312 pp.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. 1<sup>ra</sup> Edición. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 pp.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons. New York, U.S.A. 547pp.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 5:285-307.
- Pinazzo, J. 1994. Biodiversidad y Recursos Vegetales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 18 pp.
- Ponce, M. y Trujillo, B. 1990. Diagnóstico del grado de amenaza de cactáceas endémicas de provincias biogeográficas que ocurren en Venezuela. Ernstia 58-60:9-17.
- Ricardi, M.; Briceño, B. y Adamo, G. 1987. Sinopsis de la Flora Vascular del páramo de Piedras Blancas, Venezuela. Ernstia 44:4-4.
- Rico, R.; Rodríguez, P. y Valero, A. 1996. Mapa y análisis de la vegetación xerófila de las Lagunas de Caparú, Cuenca media del río Chama, Estado Mérida. Plantula 1(1):83-94.
- Sarmiento, G.; Monasterio, M.; Azocar, A.; Castellano, E. y Silva, J. 1971. Estudio integral de las cuencas de los ríos Chama y Capazón. Oficina de Publicaciones Geográficas, Instituto de Geografía y Conservación de recursos Naturales, Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 84 pp.
- Sarmiento, L.; Llambí, L.D.; Escalona, A. y Márquez, N. 2003. Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes. Plant Ecology 166:63-74.
- Schubert, C. 1979. Glacial sediments in the Venezuelan Andes. En: Schlüchter, C. (ed.). Moraines and varves: Balkema, Róterdam. 43-49 p.

- Segnini, S. 1995. Mediciones de la diversidad de especies. En: Alonso, M. (ed.). La Biodiversidad Neotropical. Cuadernos de Química Ecológica N° 9. Grupo de Química Ecológica. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. 95-116 p.
- Soriano, P.J.; Díaz de Pascual, A.; Ochoa, J. y Aguilera, M. 1999. Biogeographic análisis of the mammal communities in the Venezuelan Andes. *Interciencia* 24(1):17-25.
- Soriano, P.J.; Naranjo, M.E.; Rengifo, M.; Figuera, M.; Rondón, M y Ruiz, A.L. 1999. Aves consumidoras de cactáceas columnares del enclave semiárido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. *Ecotropicos* 12(2):91-100.
- Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological Methods*. 2<sup>nd</sup> Edition. Chapman and Hall. 524 pp.
- Strahler, A.H. y Strahler, A.N. 1992. *Modern Physical Geography*. 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A.
- Tchobanoglous, G.; Thiesel, H. y S. Vigil. 1994. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Volumen II. McGraw-Hill. Madrid, España. 867-902 p.
- Unshelm, C. 2002. Mérida: *Tras la Ruta de la Basura*. 1<sup>ra</sup> Edición. Editorial Graphe Mérida, Venezuela. 482 pp.
- Veillon, P.J. y Lamprecht, H. 1995. *Mapa forestal de los Andes*. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Walter, H. y Medina, E. 1971. Caracterización climática de Venezuela sobre la base climadiagramas de estaciones particulares. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 29:211-240.
- [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org).
- [www.mobot.org](http://www.mobot.org).
- Zar, J. 1984. *Biostatistical Análisis*. 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 718 pp.

## APÉNDICE I.

Listado de especies para la Zona de Piedras Blancas, códigos empleados en la tesis y número de la *exsiccata* de herbario (MER).

| Nombre de especies (código)                         | Exsiccata       |
|---|-----------------|
| 1. <i>Acaena cylindrostachya</i> (Acacyl)           | Sodja, I. (717) |
| 2. <i>Acaulimalva acaulis</i> (Acamal)              |                 |
| 3. <i>Aciachne pulvinata</i> (Acipul)               |                 |
| 4. <i>Agrostis breviculmis</i> (Agrbre)             | Sodja, I. (725) |
| 5. <i>Agrostis toluensis</i> (Agrto)                |                 |
| 6. <i>Agrostis trichoides</i> (Agrtri)              |                 |
| 7. <i>Arenaria musciformis</i> (Aremus)             |                 |
| 8. Asteraceae 01 (Aster01)                          |                 |
| 9. <i>Azorella julianii</i> (Azojul)                |                 |
| 10. <i>Belloa longifolia</i> (Bellon)               |                 |
| 11. <i>Belloa radians</i> (Belrad)                  |                 |
| 12. <i>Bidens bitriplinervia</i> (Bidtri)           |                 |
| 13. <i>Blakiella bartsiaefolia</i> (Blakie)         |                 |
| 14. <i>Bromus cariticus</i> (Broca)                 |                 |
| 15. <i>Calamagrostis</i> sp. (Calama)               |                 |
| 16. <i>Calandrinia acaulis</i> (Calaca)             | Sodja, I. (722) |
| 17. <i>Carex</i> sp. (Carexx)                       |                 |
| 18. <i>Castilleja fissifolia</i> (Casfis)           | Sodja, I. (712) |
| 19. <i>Conyza</i> sp. (Coniza)                      |                 |
| 20. <i>Espeletia moritziana</i> (Espmor)            |                 |
| 21. <i>Espeletia schultzii</i> (Espsch)             |                 |
| 22. <i>Espeletia timotensis</i> (Esptim)            |                 |
| 23. <i>Geranium multiceps</i> (Germul)              |                 |
| 24. <i>Geranium venezuelae</i> (Germen)             |                 |
| 25. <i>Gnaphalim domingense</i> (Gnaele)            |                 |
| 26. <i>Gnaphalium meridanum</i> (Gnasmer)           | Sodja, I. (726) |
| 27. <i>Gnaphalium moritzianum</i> (Gnamor)          |                 |
| 28. <i>Halenia viridis</i> (Halvir)                 |                 |
| 29. <i>Hinterhubera imbricada</i> (Hinimb)          |                 |
| 30. <i>Hinterhubera laseguei</i> (Hinlan)           | Sodja, I. (716) |
| 31. <i>Hinterhubera</i> sp. (Hinver)                |                 |
| 32. <i>Hypericum juniperum</i> (Hypjun)             |                 |
| 33. <i>Hypericum laricifolium</i> (Hyplar)          |                 |
| 34. <i>Hypochaeris setosa</i> (Hipset)              | Sodja, I. (719) |
| 35. <i>Lachemilla moritziana</i> (Lacmor)           |                 |
| 36. <i>Lachemilla ramosissima</i> (Lacra)           |                 |
| 37. <i>Lasiocephalus longipenicillatus</i> (Laslon) | Sodja, I. (724) |
| 38. <i>Lucilia kunthiana</i> (Lucven)               |                 |
| 39. <i>Luzula racemosa</i> (Luzrac)                 | Sodja, I. (720) |

40. *Oenothera cuprea* (Oencup)
41. *Oxilobus glandufileus* (Oxygla)
42. *Poa annua* (Poanu)
43. *Potentilla heterosepala* (Pothet) Sodja, I. (718)
44. *Rumex acetosella* (Rumace) Sodja, I. (715, 729)
45. *Senecio formosus* (Senfor) Sodja, I. (713, 714)
46. *Senecio vulgaris* (Senvul) Sodja, I. (727)
47. *Sisyrinchium tinctorum* (Sistin)
48. *Taraxacum officinalis* (Taraoff)
49. *Vaccinum* sp. (Vacssp)
50. *Vulpia myuros* (Vulmy) Sodja, I. (728)
51. Poaceae indeterminada 01 (Gra01)
52. Poaceae indeterminada 02 (Gra02)
53. Poaceae indeterminada 03 (Gra03)
54. Indeterminada 01 (Ind01)
55. Indeterminada 02 (Ind02)
56. Indeterminada 03 (Ind03)
57. Indeterminada 04 (Ind04)
58. Indeterminada 05 (Ind05)
59. Indeterminada 06 (Ind06)
60. Indeterminada 07 (Ind07)
61. Indeterminada 08 (Ind08)
62. Indeterminada 09 (Ind09)
63. Indeterminada 10 (Ind10)
64. Indeterminada 11 (Ind11)
65. Leguminosa indeterminada 01 (Leg01)

## APÉNDICE II.

Listado de especies para la Zona de La Escalera, códigos empleados en la tesis y número de la *exsiccata* de herbario (MER).

| Nombre de especies (código)  | Exsiccata                 |
|--|---------------------------|
| 1. Amarantaceae (Ama01)  | Sodja, I. (693)           |
| 2. <i>Boheravia coccinea</i> Parody (Boheco)                               | Sodja, I. (692)           |
| 3. <i>Cenchrus ciliaris</i> L. (Cenci)                                     | Sodja, I. (735)           |
| 4. <i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill (Cerehex)                             | Sodja, I. (704, 709)      |
| 5. <i>Jatropha gossypifolia</i> L. (Jatgoss)                               | Sodja, I. (691)           |
| 6. <i>Lippia origanoides</i> Kunth (Lippori)                               | Sodja, I. (701)           |
| 7. <i>Melinis minutiflora</i> P. (Melimu)                                  | Sodja, I. (697)           |
| 8. <i>Melochia tomentosa</i> L. (Meloto)                                   | Sodja, I. (695)           |
| 9. <i>Opuntia caribaea</i> Britton & Rose (Opucari)                        | Sodja, I. (706)           |
| 10. <i>Opuntia depauperata</i> Britton & Rose                              | Sodja, I. (707)           |
| 11. <i>Pilosocereus tillianus</i> R.Gruber & S.Schatzl<br>in Kakt (Piloti) | Sodja, I. (708)           |
| 12. <i>Portulaca oleracea</i> L. (Portole)                                 | Sodja, I. (698, 699, 700) |
| 13. <i>Portulaca</i> sp. (Portosp)   | Sodja, I. (703)           |
| 14. <i>Prosopis juliflora</i> (Projuli)                                    |                           |
| 15. <i>Sida cfr. serrata</i> Willd (Sidase)                                | Sodja, I. (702)           |
| 16. <i>Simsia</i> sp. (Sims)   | Sodja, I. (690)           |
| 17. <i>Sporobolus macrospermus</i> (Spoma)                                 | Sodja, I. (736)           |
| 18. <i>Stenocereus griseus</i> (Haw) (Stenogri)                            | Sodja, I. (705)           |
| 19. <i>Talinium paniculatum</i> (Talipan)                                  | Sodja, I. (696)           |
| 20. Indeterminada 01 (Sp1)   |                           |
| 21. Indeterminada 02 (Sp2)   |                           |
| 22. Indeterminada 03 (Sp4)   |                           |
| 23. Oxalidaceae 01 (Oxa01)   |                           |
| 24. Oxalidaceae 02 (Oxa02)   |                           |
| 25. Asteraceae 02 (Aste02)   |                           |

Nota: se colectó la especie *Melocactus schatzlii* Till & R. Gruber Kaktee. Exsiccata: Sodja, I. (710), la cual no estaba dentro de los muestreos.

### APÉNDICE III.

#### Nombres de las especies y origen reportado en la bibliografía para Piedras Blancas.

| Especie   | Distribución reportada en la bibliografía | Forma de Vida |
|---|---|---------------|
| <i>Acaena cylindrostachya</i> (Acacyl)          | Nativa                                    | RA            |
| <i>Acaulimalva acaulis</i> (Acamal)             | Fam Andes, E                              | RA            |
| <i>Aciachne pulvinata</i> (Acipul)              | Altos Andes                               | CO            |
| <i>Agrostis breviculmis</i> (Agrbre)            |   | GR            |
| <i>Agrostis toluensis</i> (Agrto)               |   | GR            |
| <i>Agrostis trichoides</i> (Agrtri)             | Nativa                                    | GR            |
| <i>Arenaria musciformis</i> (Aremus)            | Vzla, Col                                 | CO            |
| <i>Azorella julianii</i> (Azojul)               | Vzla, E                                   | CO            |
| <i>Belloa longifolia</i> (Bellon)               | Vzla, Peru Bol, Col                       | RA            |
| <i>Belloa radians</i> (Belrad)                  | Col, Ecu                                  | RA            |
| <i>Bidens triplinervia</i> (Bidtri)             | Nativa                                    | Hierba        |
| <i>Blakiella bartsiaefolia</i> (Blakie)         | Venezuela                                 | HE            |
| <i>Bromus carticus</i> (Broca)                  | Nativa                                    | GR            |
| <i>Calamagrostis</i> sp. (Calama)               | C. Rica, Vzla, Col, Ecu, Perú             | GR            |
| <i>Calandrinia acaulis</i> (Calaca)             |   | RA            |
| <i>Carex</i> sp. (Carexx)                       |   | GR            |
| <i>Castilleja fissifolia</i> (Casfis)           | Nativa                                    | HE            |
| <i>Conyza</i> sp. (Coniza)                      |   | HE            |
| <i>Espeletia moritziana</i> (Espmor)            | Nativa                                    | RC            |
| <i>Espeletia schultzii</i> (Espoch)             | Nativa                                    | RC            |
| <i>Espeletia timotensis</i> (Esptim)            | Nativa                                    | RC            |
| <i>Geranium multiceps</i> (Germul)              | Vzla, Col                                 | HE            |
| <i>Geranium venezuelae</i> (Germen)             | Vzla, E                                   | HE,           |
| <i>Gnaphalim domingense</i> (Gnaele)            | Mex, Vzla, Col, Brasil Ecu, Perú          | HE            |
| <i>Gnaphalium meridanum</i> (Gnasmer)           | Nativa                                    | HE            |
| <i>Gnaphalium moritzianum</i> (Gnamor)          | Vzla, Col, Ecu                            | HE            |
| <i>Halenia viridis</i> (Halvir)                 |   |               |
| <i>Hinterhubera imbricada</i> (Hinimb)          | Vzla, E                                   | AR            |
| <i>Hinterhubera laseguei</i> (Hinlan)           | E   | AR            |
| <i>Hinterhubera</i> sp. (Hinver)                |   | AR            |
| <i>Hypericum juniperum</i> (Hypjun)             | Nativa                                    | AR            |
| <i>Hypericum laricifolium</i> (Hyplar)          | Nativa                                    | AR            |
| <i>Hypochaeris setosa</i> (Hipset)              | Vzla, Col, Ecu, Perú Arg                  | RA            |
| <i>Lachemilla moritziana</i> (Lacmor)           | Nativa                                    | HE            |
| <i>Lachemilla ramosissima</i> (Lacra)           | E   | HE            |
| <i>Lasiocephalus longipenicillatus</i> (Laslon) | Vzla, E                                   | HE            |
| <i>Lucilia kunthiana</i> (Lucven)               |   | CO            |
| <i>Luzula racemosa</i> (Luzrac)                 | Nativa                                    | GR            |

|   |                      |    |
|---|----------------------|----|
| <i>Oenothera cuprea</i> (Oencup)        |                      | RA |
| <i>Oxylobus glanduliferus</i> (Oxygla)  | Mex, Guat, Vzla, Col | AR |
| <i>Poa annua</i> (Poanu)                | Introducida          | GR |
| <i>Potentilla heterosepala</i> (Pothet) | C.Rica, Vzla, Col    | HE |
| <i>Rumex acetosella</i> (Rumace)        | Introducida          | HE |
| <i>Senecio formosus</i> (Senfor)        | Nativa               | HE |
| <i>Senecio vulgaris</i> (Senvul)        | Introducida          | HE |
| <i>Sisyrinchium tinctorum</i> (Sistin)  | Nativa               | HE |
| <i>Taraxacum officinalis</i> (Taraoff)  | Introducida          | HE |
| <i>Vaccinum</i> sp. (Vacssp)            |                      | HE |
| <i>Vulpia myuros</i> (Vulmy)            | Nativa               | GR |

AR=Arbusto, CO= Cojín, GR= Poaceae, HE= Hierba, RA= Roseta acaule, RC= Roseta caulescente,

Distribución a partir del Index Kewensis (2002), <http://mobot.mobot.org/W3T/>,  
<http://www.ipni.org/ipni/> ; Alvizú, 2004, Sarmiento *et al.*, 2003

E= Endémica

## APÉNDICE IV.

### Nombres de las especies y origen reportado en la bibliografía para La Escalera.

| Especie                                  | Distribución reportada en la bibliografía | Formas de Vida |
|--|---|----------------|
| <i>Boheravia coccinea</i> (Boheco)       |   | HE             |
| <i>Cenchrus ciliaris</i> (Cenci)         | América, África, Asia, Oceanía            | GR             |
| <i>Cereus hexagonus</i> (Cerehex)        | América Austral                           | CC             |
| <i>Jatropha gossypifolia</i> (Jatgoss)   | América y África Tropical                 | AR             |
| <i>Lippia organoides</i> (Lippori)       | Suramérica                                | AR             |
| <i>Melinis minutiflora</i> (Melimu)      | Asia, África                              | GR             |
| <i>Melochia tomentosa</i> (Meloto)       | América Austral                           |                |
| <i>Opuntia caribaea</i> (Opucari)        | Indias Occidentales Vzla                  | HE             |
| <i>Pilosocereus tillianus</i> (Piloti)   | Vzla, E estado Mérida                     | CC             |
| <i>Portulaca oleracea</i> (Portole)      | América y África                          | HE             |
| <i>Portulaca</i> sp. (Portosp)           |   | HE             |
| <i>Prosopis juliflora</i> (Projuli)      | América Tropical                          | AR             |
| <i>Sida</i> cfr. <i>serrata</i> (Sidase) | Vzla                                      | AR             |
| <i>Simsia</i> sp. (Simsp)                |   |                |
| <i>Sporobolus macrospermus</i> (Spoma)   | Mesoamérica                               | GR             |
| <i>Stenocereus griseus</i> (Stenogri)    | Mesoamerica y Suramérica, Vzla            | CC             |
| <i>Talinium paniculatum</i> (Talipan)    | América, África                           |                |

HE=Hierba, GR=Poaceae, CC=Cactus columnar, AA=Arbusto,  
 Distribución a partir del Index Kewensis (2002), <http://mobot.mobot.org/W3T/>,  
<http://www.ipni.org/ipni/>  
 E= Endémica