

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA DIVERSIDAD DE
FLORA SILVESTRE ENTRE LA ISLA TAQUILE Y EL
CERRO CHIANI DE LA PENÍNSULA DE CHUCUITO EN
ÉPOCA LLUVIOSA, PUNO”.**

TESIS

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PROMOCIÓN 2010

PUNO - PERÚ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA DIVERSIDAD DE FLORA SILVESTRE
ENTRE LA ISLA TAQUILE Y EL CERRO CHIANI DE LA PENÍNSULA DE
CHUCUITO EN ÉPOCA LLUVIOSA, PUNO”.

TESIS

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES

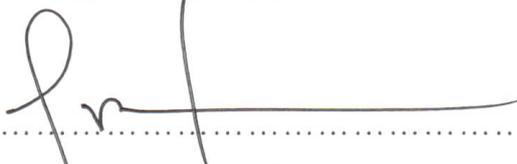
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



Blgo. Félix RODRÍGUEZ DÍAZ

MIEMBRO I:



Blgo. M.Sc. Alfredo Ludwing LOZA DEL CARPIO

MIEMBRO II:



Blgo. María Elena SUAÑA QUISPE

DIRECTOR DE TESIS:



Blgo. Dr. Ángel CANALES GUTIÉRREZ

Área: Ecología

Línea: Conservación y aprovechamiento de recursos naturales

Tema: Diversidad Biológica

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia por su apoyo incondicional para la ejecución y culminación de mi investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a las siguientes personas:

- Al Dr. Ángel Canales Gutiérrez, por su gran apoyo durante la ejecución de mi investigación.
- Al Ing. José Rossel Fernández, por apoyarme con material bibliográfico de taxonomía en botánica altoandina.
- Al M. Sc. Alfredo Tupayachi Herrera, por su apoyo durante la identificación de especies de flora silvestre.
- Al Sr. Pascual Vargas, por su apoyo en el herbario Vargas CUZ de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- A los docentes de la facultad de Ciencias Biológicas, por haberme impartido conocimientos para mi desarrollo profesional.
- A los jurados que con las mejores intenciones supieron corregir y guiar para la presentación final de mi informe de tesis.

ÍNDICE DE CUADROS	Pág.
Cuadro 01. Relación de procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en las islas.....	6
Cuadro 02. Índices de diversidad alfa.....	
Cuadro 03. Resultados de abundancia proporcional de especies de flora silvestre en la isla Taquile y cerro Chiani (noviembre 2010 a febrero 2011).....	27
Cuadro 04. Análisis de la riqueza específica de la isla Taquile y el cerro Chiani, aplicando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	29
Cuadro 05. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre la isla Tquile y el cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	32
Cuadro 06. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre la isla Tquile y el cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	35
Cuadro 07. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile y cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT.....	37
Cuadro 08. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile y cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT.....	40
Cuadro 09. Análisis de la riqueza de específica a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	43
Cuadro 10. Análisis de la diversidad de especies (índice de Simpson) a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	44
Cuadro 11. Análisis de la diversidad de especies (índice de Shannon) a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	48
Cuadro 12. Análisis de la riqueza específica a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT	53

(noviembre 2010 – febrero 2011).....	
Cuadro 13. Análisis de la diversidad de especies (índice de Simpson) a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	55
Cuadro 14. Análisis de la diversidad de especies (índice de Shannon) a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).....	59

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 01. Ubicación de la zona de estudio.....	21
Figura 02. Identificación de especies en el herbario VARGAS CUZ de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, febrero 2011.....	22
Figura 03. Distribución de las familias registradas en la isla Taquile y cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	26
Figura 04. Diversidad de especies mediante los índices de Simpson y Shannon en la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	28
Figura 05. Especies de la isla Taquile: A: <i>C. ramosissima</i> , B: <i>C. hermafrodytus</i> , C: <i>S. tupaeformis</i> y D: <i>C. buxifolia</i> (noviembre 2010 – febrero 2011).....	31
Figura 06. Especies del cerro Chiani: A: <i>P. verruculosa</i> , B: <i>P. bipinnatifida</i> , C: <i>A. exchremorrisum</i> , D: <i>G. sedifolia</i> (noviembre 2010 – febrero 2011).....	32
Figura 07. Especies dominantes de la isla Taquile: a la izquierda se muestra <i>M. volcánica</i> y a la derecha <i>B. andicola</i> (noviembre 2010 – febrero 2011).....	34
Figura 08. Especies dominantes en el cerro Chiani: A la izquierda se muestra <i>H. mandoneae</i> y a la derecha <i>E. cicutarium</i> (noviembre 2010 – febrero 2011).....	34
Figura 09. Número de especies dominantes en la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	35
Figura 10. Análisis de contraste del índice de Shannon, para determinar la diferencias entre la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	37
Figura 11. Especies dominantes en los meses de noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile: A la izquierda se observa <i>A. pinnata</i> y a la derecha <i>T. repens</i>	38
Figura 12. Análisis de contraste de la diversidad de especies, para encontrar diferencias (índice de Simpson) entre noviembre 2010 – febrero 2011.....	39
Figura 13. Dos de las especies que influyeron en la diferencia de diversidad de especies durante los meses noviembre 2010 – febrero 2011. A la izquierda se muestra <i>C. pumila</i> y a la derecha <i>S. andicola</i>	40
Figura 14. Análisis de contraste de la diversidad de especies, para encontrar diferencias (índice de Shannon) entre noviembre 2010 – febrero 2011.....	41

Figura 15. Especies más abundantes registradas a diferentes altitudes en la isla Taquile (noviembre 2010 – febrero 2011).....	46
Figura 16. Análisis de contraste para encontrar diferencias de la diversidad según el índice de Simpson a diferentes altitudes en la isla Taquile (noviembre 201 – febrero 2011).....	47
Figura 17. Especies de la isla Taquile: A la izquierda se muestra <i>C. latiovetolata</i> y a la derecha <i>O. corniculata</i>	49
Figura 18. Análisis de contraste para encontrar diferencias de la diversidad de especies según el índice de Shannon en la isla Taquile a diferentes altitudes (noviembre 2010 - febrero 2011).....	49
Figura 19. Relación de la temperatura con con la diversidad de especies de acuerdo a los índices de Simpson y Shannon (noviembre 2010 – febrero 2011).....	50
Figura 20. Análisis de contraste para encontrara diferencias de riqueza específica a diferentes altitudes en el cerro Chiani (noviembre 2010 - febrero 2011).....	54
Figura 21. Dos de las especies de mayor distribución y abundancia en el cerro Chiani. A la izquierda se muestra <i>H. mandoneana</i> y a la derecha <i>E. raphanorrhiza</i> ...	57
Figura 22. Especies más abundantes registradas a diferentes altitudes en el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	58
Figura 23. Relación de los índices de diversidad con la temperatura en el cerro Chiani, (noviembre 2010 – febrero 2011).....	60
Figura 24. Relación entre los índices de diversidad y la precipitación pluvial en la isla Taquile (noviembre 2010 – febrero 2011).....	62
Figura 25. A la izquierda <i>C. elliptica</i> , especie que aparece en enero, y a la derecha <i>C. chlorolepis</i> , cuya floración se dio a partir de enero.....	63
Figura 26. Relación entre los índices de diversidad y la precipitación pluvial en el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).....	64

INDICE

RESUMEN.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Marco teórico.....	5
2.2 Antecedentes.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Zona de estudio.....	21
3.2 Métodos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	25
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. LITERATURA CITADA.....	70
ANEXOS.....	75
GLOSARIO.....	95

RESUMEN

Realicé la investigación en la isla Taquile y el cerro Chiani de la península de Chucuito, entre los meses de noviembre 2010 a febrero 2011. Las hipótesis fueron 1) la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre de la isla de Taquile será diferente, en relación al cerro Chiani, 2) el incremento de la altitud y la disminución de la temperatura, influirá en la disminución de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies, en la isla de Taquile y cerro Chiani y 3) a mayor precipitación pluvial (mm), la abundancia proporcional de especies de flora silvestre variará en la isla Taquile y el cerro Chiani. Los objetivos fueron: 1) Comparación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, entre la isla Taquile y el cerro Chiani, 2) Evaluación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la altitud y temperatura ambiental y 3) Evaluación de la abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la precipitación pluvial. La metodología fue: Hice evaluaciones quincenales en ambas zonas de estudio, aplicando el método acumulativo y zigzag. Los índices que apliqué fueron el de Simpson y Shannon, calculados con el software Krebs. Apliqué pruebas no paramétricas de Mann Whitney y Kruskal Wallis y pruebas de correlación simple, utilizando el software INFOSTAT. Los resultados fueron: En la isla Taquile registré 94 especies, pertenecientes a 35 familias y en el cerro Chiani registré 93 especies pertenecientes a 38 familias. No encontré diferencia de la riqueza específica, índice de Simpson entre las dos zonas en estudio ($P = 0,3417$; $P = 0,1120$) respectivamente. Sin embargo, con el índice de Shannon hubo diferencia entre las dos zonas ($P < 0,0001$). Analizando la diversidad durante los meses de evaluación, encontré diferencia estadística de la diversidad de especies según los índices de Simpson y Shannon para ambas zonas ($P < 0,0001$ para ambos casos). En la isla Taquile no encontré diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas ($P = 0,1504$), pero si encontré diferencia de acuerdo con el índice de Simpson y Shannon ($P = 0,0042$ y $P = 0,0305$ respectivamente). El coeficiente de correlación entre el índice de Simpson y de Shannon con la temperatura fue 0,04 y 0,11 respectivamente. En el cerro Chiani si hubo diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas en el cerro Chiani ($P = 0,0661$), pero no encontré diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson y Shannon ($P = 0,4845$ y $P = 0,4406$ respectivamente). Los índices de correlación entre el índice de Simpson y Shannon con la temperatura fueron 0,24 y 0,33 respectivamente. En la isla de Taquile, el coeficiente de correlación entre la diversidad de especies según el índice de dominancia de Simpson y Shannon con la precipitación pluvial fue $r = 0,47$ y $r = 0,56$ respectivamente. En el cerro Chiani el coeficiente de correlación encontrada entre el índice de Simpson y Shannon con la precipitación fue $r = 0,53$ y $r = 0,57$ respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

La base de toda red trófica está representado por los organismos fotoautótrofos, como son las plantas en el medio terrestre, y por algas en el medio acuático. El rol de las plantas en el medio natural es muy complejo, puesto que sirve de alimento para los animales, su presencia crea microclimas que permiten el desarrollo de una diversidad de especies animales, mejora la calidad del suelo, evita el deterioro del suelo. Nosotros mismos las utilizamos como fuente alimenticia, medicinas, adornos, entre otros. Podemos concluir, que directa o indirectamente dependemos de este recurso, pero que muchas veces no le damos la debida importancia.

Conocer la flora silvestre que existe en los hábitats debería ser una de nuestras prioridades. En nuestra ciudad, son muy pocos los estudios de evaluación de flora silvestre que existe, desconocemos nuestra riqueza de especies. Nuestras evaluaciones no deben quedar simplemente en un mero inventario o registro de especies, nosotros como biólogos, debemos preocuparnos en medir esa diversidad que tenemos. No basta con decir poca diversidad o alta diversidad, ¿cuánto es esa diversidad? ¿qué especies son las que dominan?

En toda evaluación, siempre hay factores que influyen en el desarrollo o variación de diversidad de flora, factores como la temperatura, precipitación, radiación solar, humedad, altitud, latitud, longitud. Estos factores hacen de que unas especies se desarrollen más que otras, sean más dominantes que otras dada su alta adaptación a las condiciones de su medio.

Por otra parte, la biogeografía de islas, nos ha demostrado que en las islas al estar aislados, muchas veces con limitada extensión, existen procesos que permiten que las especies se especialicen, sufran ciertas modificaciones estructurales y fisiológicas, ante la disponibilidad o ausencia de nichos ecológicos. Estos cambios son más notorios en las plantas, más aún si se trata de especies perennes. Así mismo, en las islas pueden existir o estar ausentes ciertas especies o familias.

Las hipótesis planteadas fueron: (1) La riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre de la isla de Taquile será diferente, en relación al cerro Chiani, (2) el incremento de la altitud y la disminución de la temperatura, influirá en la disminución

de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies, en la isla de Taquile y cerro Chiani y (3) a mayor precipitación pluvial (mm), la abundancia proporcional de especies de flora silvestre variará en la isla Taquile y el cerro Chiani.

Los objetivos planteados fueron:

1. Comparación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, entre la isla Taquile y el cerro Chiani.
2. Evaluación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la altitud y temperatura ambiental.
3. Evaluación de la abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la precipitación pluvial.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Características de las islas

Las islas se caracterizan, entre otras cosas, por poseer un menor número de especies respecto a la misma área de un ecosistema comparable en el continente. Lo anterior se fundamenta en las diferentes capacidades de dispersión de los organismos continentales ante una barrera geográfica de primera magnitud como son los brazos de mar, conduce a que sólo una fracción de los mismos, pueda alcanzar las islas. Esta selección en la dispersión implica que la biota llegada a las islas es únicamente una información sesgada, constituida por aquellos organismos con poder de dispersión a larga distancia de la biota continental (FERNÁNDEZ y MORICI 2002).

2.1.2 Procesos evolutivos en las islas

Desde siempre las peculiaridades de la flora y fauna insulares han excitado la imaginación de los científicos, naturalistas, o simplemente, de los curiosos. Ello es así porque las islas constituyen un universo mucho más homogéneo y sencillo que los continentes, de forma que pueden evidenciar fenómenos biológicos, con una claridad que sólo se obtiene en tubos de ensayo. De hecho cada biota insular constituye un experimento en sí misma, en la medida que es la respuesta a una serie de características físicas e históricas inherentes a la isla en la que se encuentra (MAYR 1967).

Las islas constituyen espacios cuyos límites – la línea costera- están perfectamente definidos, trascendiendo a las subjetividades habituales en los continentes. Además, su tamaño es muy limitado en comparación con los continentes. El aislamiento característico de las islas, ya sea transitorio o permanente, ha posibilitado que en ellas ocurran a corto plazo una serie de fenómenos basados en la simplicidad de sus comunidades, al participar menos elementos en ellos que en áreas continentales comparables (efectos ecológicos y otros), a largo plazo, fundamentados en la imposibilidad que tienen algunas especies, que por eventos azaroso colonizaron las islas, de intercambiar material genético con las poblaciones de origen (efectos evolutivos) el desarrollo de estos procesos requiere de una

introducción a la tipología de las islas y a sus procesos de su poblamiento (FERNÁNDEZ y MORICI 2002).

Las islas no sólo presentan menos especies por unidad de superficie, comparable, sino que además, entre las presentes, existen notables ausencias taxonómicas, familias, órdenes e incluso phyla (FERNÁNDEZ y MORICI 2002).

La hibridación en plantas no es un hecho tan frecuente como se venía aceptando, y sobretodo no se distribuye al azar en la jerarquía taxonómica, sino que se concentra en ciertas familias y ciertos géneros, generalmente de plantas perennes en otros casos como en fabaceae, astereaceae puede resultar incluso bastante limitada (MORENO 2002).

Un fenómeno de disonancia es la sustitución en las plantas que han colonizado islas de los habituales polinizadores y/o dispersores continentales por nuevas especies insulares, ante la ausencia de los primeros.

Cuadro 01. Relación de procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en las islas

Procesos ecológicos, a corto plazo, ligados a la relajación de la competencia interespecífica	Procesos evolutivos, a largo plazo, ligados a un aislamiento duradero
Relajación ecológica (desarrollo del nicho fundamental)	Especialización (reducción del nicho fundamental)
Ampliación del nicho	Especiación
Desplazamiento de caracteres	Radiación adaptativa o no adaptativa
Sobrecompensación de densidades	Cambio de tamaño (gigantismo –enanismo)
Cambio de dieta	Pérdida de la capacidad de dispersión
Disminución de la puesta	Lignificación
Sustitución de polinizadores	Floración menos conspicua (en tamaño y color)
Sustitución de dispersores	Dioecia
Melanismo	Pérdida de la capacidad defensiva

Fuente: FERNÁNDEZ y MORICI (2002).

2.1.3 Niveles de biodiversidad

Es necesario atender a la biodiversidad a tres niveles. Al nivel de **especies**, la biodiversidad comprende el abanico completo de organismos de la tierra, desde las bacterias y protistas hasta los reinos pluricelulares de las plantas, los animales y los hongos. A una escala más fina, la diversidad biológica comprende la **variación (variabilidad) genética** dentro de las especies, tanto entre poblaciones separadas geográficamente, como entre individuos de una misma población. La diversidad biológica comprende también la variación dentro de las **comunidades biológicas** en las que habitan especies, los ecosistemas en los que existen las comunidades, y las interacciones entre estos niveles (PRIMACK y JOANDOMENEC 2002).

2.1.4 Tipos de diversidad biológica

- *Diversidad alfa*

La diversidad *alfa* es la diversidad de una comunidad particular considerada homogénea y es la que posee más índices y métodos de medición desarrollados. Se suele distinguir entre los métodos que miden el número de especies existentes (riqueza específica) y los que miden la abundancia relativa de los individuos de cada especie (estructura). Entre los primeros se encuentran índices como el de Margalef y Menhinick, así como el método de rarefacción, distintas funciones de acumulación y otro tipo de métodos llamados no paramétricos. Para estimar la estructura existen también métodos paramétricos y no paramétricos, además de diversos índices entre los que se encuentran el de Shannon, Simpson, Berger-Parker, McIntosh, Pielou y Brillouin (MORENO 2001).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea (WHITTAKER 1972).

De los niveles de diversidad, es indudablemente el más estudiado. De hecho, la mayoría de los textos de ecología dedican buena parte de sus secciones de ecología de comunidades al análisis de la diversidad de especies al nivel local. Asimismo, los patrones de diversidad más conocidos en ecología geográfica y biogeografía, tales como los gradientes

latitudinales y altitudinales de riqueza de especies, se refieren a la diversidad alfa en el sentido amplio del término (LLORENTE y MORRONE 2001).

Cuadro 02. Índices de biodiversidad alfa

RIQUEZA ESPECÍFICA	Índices	Riqueza de especies		
		Margalef		
		Menhinick		
		Alfa de Williams		
	Rarefacción			
	Funciones de acumulación	Logarítmica		
		Exponencial		
		De Clench		
	Métodos no paramétricos	Chao 2		
		Jacknife de 2° orden		
Jacknife de 1° orden				
Bootstrap				
ESTRUCTURA	Modelos paramétricos	Serie geométrica		
		Serie logarítmica		
		Distribución log-normal		
		Modelo de vara quebrada		
	Modelos no paramétricos	Chao 1		
		Estadística Q		
	Índices de abundancia proporcional	Índices de dominancia	Simpson	
			Serie de Hill	
			Berger-Parker	
			Mcintosh	
		Índices de equidad	Shannon-Wiener	
			Pielou	
			Brillouin	
Bulla				
Equidad de Hill				
Alatalo				
Molinari				

Fuente: MORENO (2001).

El índice de diversidad está formado por dos componentes: el *número de especies* o riqueza de especie y la *abundancia* o equilibrio de especie (KREBS 1999).

Riqueza de especies: Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (MORENO 2001).

La riqueza de familias es un buen predictor de la riqueza de especies, para una amplia variedad de grupos taxonómicos y regiones del planeta (WILLIAM y GASTON 1994).

La riqueza de familias ha sido empleada satisfactoriamente para la ubicación de los centros de biodiversidad mundial de las plantas angiospermas (WILLIAMS *et al.* 1994).

Medición de abundancia proporcional

Índice de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Da una idea de la abundancia de las especies dentro del bosque, si están representadas en forma equitativa dentro de la población muestreada, haciendo una proporción entre cada especie y el número de individuos colectados, resultando en la probabilidad de elegir al azar dos individuos de la misma especie (MURILLO 2002).

La interpretación de λ es que es la probabilidad de un encuentro intraespecífico, o sea la probabilidad de que si tomas dos individuos al azar de la comunidad, ambos sean de la misma especie. Mientras más alto es esta probabilidad, menos diverso es la comunidad (COLWELL y CODDINGTON 1994).

Índice de Shannon

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (MAGURRAN 1988).

La Fórmula de Shannon-Weaver que es la forma en la cual normalmente se presenta la diversidad de especies basada en la teoría de información; De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia) (MERCADO 2000).

Sin ir a más detalle H normalmente toma valores entre 1 y 4.5. Valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos". Por razones que no son tan obvias como el caso de Shannon el máximo valor que puede tomar H es el logaritmo de S , $\ln(S)$, o sea si la comunidad es completamente equitativa $\exp(H)=S$. Para confundir el asunto un poco, la derivación original de Shannon fue con logaritmos al base de dos y algunos autores todavía lo usan así (COLWELL, MAO y CHANG 2004).

Es necesario tener réplicas de cada muestra para poder acompañar el valor de un índice con el de alguna medida de la dispersión de los datos (varianza, desviación estándar o coeficiente de variación), o estimar el valor mínimo y máximo hipotético del índice bajo las condiciones del muestreo (SPELLERBERG 1991).

- *Diversidad beta*

La diversidad *beta* considera la tasa o grado de cambio en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Por tanto, su medición se basa en proporciones o

diferencias. Existen índices de similitud, de disimilitud o distancia, de reemplazo de especies y de complementariedad (MORENO 2001).

- *Diversidad gamma*

La diversidad *gamma* representa la heterogeneidad del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (MORENO 2001).

2.1.5 Importancia de la biodiversidad

Actualmente el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda y se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (SPELLERBERG 1991).

A lo largo de las últimas cuatro décadas se han registrado avances importantes en los estudios ecológicos y particularmente de estadística en la ecología, ejemplos de ello son las contribuciones al estudio de las distribuciones espaciales de organismos y los diseños de estudios ecológicos (SMITH 2002),

El análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (MAGURRAN 1988).

2.1.6 Factores que influyen en la diversidad

Existen patrones geográficos que determinan la biodiversidad de los hábitats:

- A mayor área, mayor número de especies.
- La biodiversidad aumenta al acercarse al ecuador.
- Mientras mayor sea la heterogeneidad de hábitats, mayor será la biodiversidad.
- El número de individuos por especie aumenta al alejarse del ecuador (SUGG 1996).

A menor escala, la biodiversidad está asociada a:

- Condiciones del hábitat (aislamiento, climas extremos)
- Estabilidad climática
- Heterogeneidad del hábitat
- Competencia, mutualismo y depredación (MORENO 2001).

Influencia de condiciones climáticas sobre la diversidad de especies

El clima es el principal responsable del desarrollo y distribución de las plantas, por lo que el criterio climático es muy importante para delimitar espacios geográficos con determinadas características climáticas, especialmente relacionados a la humedad del suelo y la temperatura, en los cuales se desarrollan determinados tipos de vegetación (MINAM 2010).

Entre los factores abióticos, la precipitación juega un papel importante en la distribución de la biodiversidad sobre todo en plantas, por el hecho de que a mayor precipitación mayor disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas y estas son la base de la productividad primaria neta (ROSENZWEIG 1968).

En la búsqueda de patrones que expliquen las variaciones en la diversidad, se propone que la cantidad de lluvia que se deposita en un lugar tiene poder predictivo en relación con la cantidad de especies que se encuentran en un sitio (GENTRY 1982).

Es claro que factores bióticos y abióticos influyen en la composición florística de los sitios. Por ejemplo, para varios grupos de plantas en el oeste de la Amazonia se encontró

que las afinidades florísticas están relacionadas principalmente con los ambientes abióticos, pero también con la distancia geográfica (TUOMISTO *et al.* 2003).

La temperatura del aire y sus variaciones entre día y noche, así como entre estaciones son importantes para el desarrollo de la plantas, este factor adquiere especial importancia en los andes donde los máximos contrastes se originan con las diferencias de altitud (FRY 1975)

La temperatura y humedad son los dos factores que limitan la distribución de la vida sobre la tierra, como se observó en una helada del 31 de mayo de 1919 en Utah, causó un gran daño a la vegetación del bosque situado por encima de los 1500 m de altura (VARGAS 2002)

El efecto de la temperatura sobre la germinación es de gran utilidad práctica para la realización de análisis de control de calidad y el establecimiento de viveros por parte de productores comerciales, quienes procuran obtener una población de plantas con mayor rapidez y uniformidad posible (HERRERA y ALIZAGA 1995).

En general se puede asegurar que cuando semillas de una especie se ponen a germinar en un ámbito amplio de temperaturas, se hace aparente la existencia de una temperatura óptima (BEWLEY y BLACK 1982).

El agua, sola o junto con la temperatura, probablemente sea el más importante de los factores físicos que afectan a la ecología de las organizaciones terrestres. Las plantas se ven afectadas tanto por los niveles del agua del suelo, como por la humedad del aire existente en los alrededores de la superficie de su asentamiento (KREBS 1986).

La riqueza de especies a través de gradientes altitudinales permite conocer cómo funcionan las comunidades a diferentes altitudes, debido a que en elevaciones menores existe una mayor superficie potencial, y a mayor altitud la temperatura es menor y trae consigo que exista una menor cubierta vegetal que en las zonas bajas para el establecimiento de las especies (BROWN 2001).

Existen algunas características que explican el gradiente latitudinal con respecto al incremento de la biodiversidad; efecto de área, el tiempo y la disponibilidad de energía (GASTON 2007).

En tiempo recientes el estudio de los patrones de diversidad involucran los factores climáticos, biogeográficos y ecológicos, como también los modelos estadísticos que intentan demostrar que los patrones observados en la naturaleza, como la relación del número de especies y el área de distribución, no solo son resultado de procesos como la competencia o heterogeneidad ambiental, sino también del producto de eventos aleatorios (RODRIGUEZ y VASQUEZ – DOMINGUEZ 2003).

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 Estudios de diversidad florística realizados en la ciudad de Puno

Durante la evaluación de la diversidad de especies de flora silvestre en relación a la época del altiplano en Chucuito y Chinchero, se encontró una variación significativa con respecto a la distribución espacial en los dos lugares de estudio en la zona de Chucuito con índices de dispersión de 0.23 y 0.46 (distribución espacial uniforme), se encontró hasta 40 especies. Mientras que en la zona de Chinchero los índices de dispersión de 0,56 y 0,17 (distribución espacial uniforme) se encontró 29 especies de flora silvestre. La diversidad de especies mediante la diversidad de Simpson 0,93 (Chucuito) y 0,9 (Chinchero) (CANALES y SARMIENTO 1997).

Un estudio sobre diversidad de plantas silvestres a diferentes altitudes en la quebrada del cerro Huaje – Puno, demuestra como resultado de su evaluación que se encontraron 20 especies de plantas silvestres y aceptan su hipótesis que a mayor altitud, existe una menor cantidad de especies de planta silvestre (SÁNCHEZ *et al.* 1999).

La mayor diversidad se encuentra en las penínsulas de Chucuito con 132 especies (77%) y Capachica con 129 especies (75%), seguido de los distritos de Platería con 125 especies (73%), Puno con 124 especies (72%), Paucarcolla 122 especies (77%), isla Taquile 94

especies (55%), isla Amantani con 82 especies (49%), Pusi 79 especies (46%) Huata 53 especies (31%) y Coata con 52 especies (30%) (CIRMA y CEDAFOR 2001).

Las especies encontradas en la isla Taquile son: *Ageratina gilberti*, *Alchemilla pinnata*, *Astragalus arequipensis*, *Astragalus garbancillo*, *Baccharis tricuneata*, *Bidens andicola*, *Bromus catharticus*, *Buddleja coriacea*, *Coronopus didymus*, *Chersomoa jodopapa*, *Chondrosium simplex*, *Distichlis humilis*, *Erodium cicutarium*, *festuca dolichophylla*, *Grindelia boliviana*, *Hordeum muticum*, *Medicago polimorpha*, *Nasella mucronata*, *Opuntia ignescens*, *Pennisetum clandestinum*, *Poa annua*, *Polypogon interruptus*, *ranunculus cymbalaria*, *Rumex cuneifolius*, *Senecio vulgaris*, *Senna versicolor*, *Stipa ichu*, *Tagetes multiflora*, *Tetraglochim cristatum*, *Taraxacum officinale*, *Tillandsia capillaris* y *Verbena sp.* (CIRMA y CEDAFOR 2001)

La evaluación de diversidad de flora silvestre hecha en las comunidades de Siale, Chillora y San Cristobal, indican la presencia de 76 especies con un promedio de 294ind/m², siendo la especie con mayor tamaño poblacional *Juncus balticus* y la especie con menor tamaño poblacional fue *Eupatorium gilbertii*. En la comunidad de Chillora se encontró 73 especies con un promedio de 225individuos/m², la especie con mayor y menor tamaño poblacional fueron *Poa específica* y *Urtica sp.* respectivamente. En la comunidad de San Cristobal presentó el menor promedio tanto en el número de especies como de individuos: 63 especies y un promedio de 178 individuos/m², siendo *Juncus balticus* la de mayor tamaño poblacional (VARGAS 2002).

La isla Taquile presenta elementos florísticos característicos, determinándose un total de 23 familias y 56 especies. Dichas especies están agrupadas en 12 comunidades, que constituyen formaciones terrestres y acuáticas. El índice de diversidad de Simpson muestra un 0,703 (CONDORI *et al.* 2002).

En la evaluación de plantas vasculares de la bahía de Juli en el sector de Huaquina y comunidades de Olla y C'aje–Huaylluni, a orillas del Lago Titicaca, desde los 3 830 hasta los 4 200 m de altitud. En la evaluación, hallaron 185 especies correspondientes a las

divisiones Pteridophyta, Pinophyta y Magnoliophyta, agrupadas en 58 familias y 137 géneros; dentro de las Magnoliophyta las familias Asteraceae y Poaceae son las mejor representadas, las Pteridaceae y las Dryopteridaceae tienen mayores porcentajes dentro de Pteridophyta. Pinophyta solo reportó 3 especies. El sector Huaquina presentó la mayor riqueza, pudiéndose encontrar 136 de estas especies. Cabe resaltar que 47 (25.4 %) de estas especies son nuevos registros para el departamento de Puno (ARTETA *et al.* 2006).

En la evaluación de la diversidad de un humedal en Ayaviri, en una zona húmeda y en otra seca, muestra valores elevados en cuanto al índice de biodiversidad tanto en Shannon y Simpson (54.9 % y 59.17 %) con respecto a la zona seca, mientras que en la zona húmeda los índices de diversidad tanto en Shannon y Simpson son , 40.36% y 40.63% respectivamente, indicando que en la zona seca existe mayor diversidad de especies forrajeras, esto probablemente se deba a que el muestreo efectuado en la zona húmeda fue efectuado solamente en el contorno del área, por la dificultad de ingresar más hacia adentro debido a factores como lluvia, fango en la zona etc., que imposibilitaron la toma de muestras más homogénea (CALLE 2007).

En la evaluación de clasificación de especies etnobotánicas en el centro poblado de Llachón, se reportan 154 especies agrupadas en 131 géneros y 58 familias, donde las familias con más de cuatro especies son: Asteraceae con 28 spp. (18%), Fabaceae 11 spp (7%), Poaceae, Rosaceae, Lamiaceae y Solanaceae (ARTETA 2008).

2.2.2 Evaluaciones de diversidad florística en otros ámbitos geográficos

Entre las angiospermas, las familias con mayor número de especies son Compositae y Gramineae en el altoandino, y en las tierras bajas Leguminosae Lauraceae, Annonaceae, Rubiaceae, Moraceae y Bignoniaceae, predominando bosques en la llanura aluvial (MORALES y BECK 1992)

Ecuador cuenta con una importante diversidad biológica. En Ecuador la flora de plantas vasculares totaliza hasta 15000 especies. En 100 hectáreas, se registraron más de 1250 especies de 136 familias (TORREZ 1998).

Se hizo una comparación entre la flora de la isla Gorgona (Colombia) y la de los bosques del Chocó (Colombia y Ecuador). La riqueza del bosque de la isla Gorgona calculado a partir de curvas especie - área y del índice de diversidad de Shannon fue inferior a la de los bosques colombianos y ecuatorianos en las tierras bajas del continente. Adicionalmente, el índice de equitabilidad de Shannon en cinco bosques del del Pacífico colombo – ecuatoriano fue mayor que el de la isla Gorgona, lo cual sugiere que en los bosques continentales las especies están representadas por un número similar de individuos (YOCKTENG y CAVELIER 1998).

En estudios de flora en los bosques de polylepis en la cordillera de Vilcanota (Cusco, Perú) indican la presencia de 144 especies de angiospermas. En el sotobosque de Sacsamonte, estuvo constituido por 39 especies de plantas herbáceas y arbustivas. Entre los elementos florísticos mas comunes se tiene a los géneros: *Baccharis*, *Senecio*, *Fuchsia* y *Arenaria lanuginosa*, mientras que *Cronquistiantus volquensii*, *Luzula peruviana*, *Baccaris sp.* y *Senecio tenuisaggitatus*, son elementos exclusivos de este bosque. En Yanacocha se registró 47 especies de plantas, siendo los géneros comunes: *Senecio*, *Baccaris* y *Muehlenbeckia volcánica*. En Pamahuanca registraron 37 especies, siendo las comunes *Senecio rhizomatosus*, *Bartsia bartsiodes* y *Muelenbeckia volcánica*. En Queñamonte se registró 35 especies, siendo las comunes *Ageratina sternbergiana* y *Muelenbeckia volcánica*. (SERVAT *et al.* 2002).

En la evaluación de diversidad de flora en los campus Juruquilla de la UNAM, se identificó 13 especies. Los índices de Shanonn – Wiber y Simpson indican una mayor diversidad, pero una menor equidad de la comunidad vegetal en la parte oeste a comparación de la zona este del campus. Para la evaluación, se realizaron muestreos utilizando el método de Líneas de Candfield (BARAJAS 2005),

La diversidad florística en los bosques estacionales secos alterados del distrito de Jaén, indica que las familias más abundantes son Boraginaceae, Leguminosae, Malvaceae y Cactaceae, los géneros más abundantes son *Cordia iguaguana*, *Tetrasida chachapoyensis* y *Braowningia altissima*, siendo las tres endémicas restringidas a los bosques

estacionalmente secos del Marañón. La diversidad florística fue moderada. En las zonas evaluadas registró 52 especies, con un valor promedio de 28. En total se registraron 27 familias (MARCELO *et al.* 2007).

La evaluación en las comunidades de arbustos de sotobosque entre tres localidades al interior del parque nacional Yanachaga Chemillén (Pasco, Perú), indica que la diversidad de arbustos al interior del sotobosque disminuye con la altitud, razón por la cual el mayor número de especies se encontró en el bosque húmedo tropical. Encontraron 650 individuos y 111 especies con 34 familias en la comunidad de San Daniel, mientras que para Pajuil, 738 individuos y 214 especies con 45 familias y para Bocaz 694 individuos y 160 especies con 44 familias. Tanto la riqueza de especies (S) y la abundancia de individuos (N) aumenta considerablemente conforme disminuye la altitud. En Pajuil a 400 msnm se encontró S= 241 y N = 738, en Bocaz a 1600 msnm S = 160 y N = 694, y finalmente en San Daniel a 2200 msnm S = 111 y N = 650 (VEGA *et al.* 2008).

En la investigación se analizó la variación de la diversidad y composición florística de plantas leñosas en relación al gradiente de elevación a una escala local. Como resultados se obtuvo que la diversidad florística no fue explicada por la elevación, pero la riqueza posiblemente influenciada por el incremento del número de individuos mostró una significativa relación positiva con la elevación. La composición florística si cambió en relación a la elevación, ya que a lo largo del gradiente aparecen y desaparecen familias, géneros y especies (LOZA *et al.* 2010).

2.2.3 Factores ambientales que determinan la diversidad de especies.

Durante la evaluación de cultivares de ajonjolí en suelos arenosos de la Mesa de Guanipa Anzoátegui, Venezuela, en los años 1985 y 1986, indican que los cultivares de ciclo corto e intermedio presentaron los mejores niveles de rendimiento, los de ciclo largo se vieron afectados por los períodos de sequía. Se observó una marcada diferencia entre los dos años en cuanto a la precipitación recibida por los cultivares, esto incidió en los rendimientos, el desarrollo vegetativo y el ciclo de los mismos (RINCÓN y DE SILVA 1993).

En un estudio registra 109 especies de plantas en las localidades de Yanacocha, Sacsamonte y Pumahuanca (cordillera Vilcanota) siendo las familias Asteraceae, Poaceae, Scrophulariaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae, Solanaceae y Apiaceae, mientras que otro estudio en las mismas comunidades, hecho por Servat, Mendoza y Ochoa (2002) registran 76 especies de plantas donde predominan las familias Asteraceae, Scrophulariaceae y Rosaceae. La diferencia en el número de especies es probablemente debido a que el primer estudio fue realizado en una época lluviosa, mientras que el segundo fue realizado en una época seca (BÉJAR 1996).

2.2.4 Procesos evolutivos de flora en las islas

Para algunas especies endémicas relicticas, que aparecen en los cladogramas como basales a sus grupos respectivos, como el caso de los géneros *Navaea*, *Cedronella*, *Plocama*, *Allogopappus*, o incluso *Malva canariensis*, no sabemos si llegaron a las islas como tales formas leñosas o como formas herbáceas constituyendo relictos supervivientes de grupos actualmente extintos. En la base del género *Cheirolophus* también aparecen especies herbáceas pero el paso a las formas leñosas afecta tanto al clado Macaronésico como al Mediterráneo (SUSSANA *et al.* 1999).

Se plantea que la alogamia, mediante sistemas de incompatibilidad polen – estilo, protandria o la presencia de flores unisexuales, podría ser el sistema predominante de la flora de las Canarias, pero los datos de diversidad genética entre poblaciones, no siempre concuerdan con esta idea (FRANCISCO – ORTEGA *et al.* 2000).

Finalmente en algunos casos como *Isoplexis*, *Crambe* o alianza *Asteriscus*, *Schizogyne* o *Vierez* con parientes próximos continentales también leñosos, tal carácter resulta, desde esta perspectiva, irrelevante (FERNÁNDEZ y MORICI 2002).

Los niveles de diversidad en distintas especies de las islas Canarias se muestran comparativamente altos, equivalentes a los encontrados en floras continentales. En distintos momentos se ha intentado justificar esta alta diversidad por la proximidad del archipiélago canario a las costas africanas, desde donde se harían repetidos aportes de material genético,

pero esto no encuentra apoyo en los resultados filogenéticos para la mayoría de los grupos, que se muestran como monofiléticos (ORTEGA y SANTOS 2001).

Pérdida de capacidad de dispersión por el incremento del tamaño del fruto, por ejemplo, como muestra *Crambe sventenii* de Fuerteventura, *Dendriopoterium pulidoi*, y vilanos, o por el cambio de estrategias r a estrategias K, como muchos grupos que manifiestan una fuerte especialización (FERNÁNDEZ y MORICI 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

La investigación la realicé en la isla Taquile, ubicado a 35 Km y localizado al Este de la capital departamental de Puno. Específicamente está ubicado en la bahía de Chucuito, frente a las penínsulas de Capachica y Chucuito. Su extensión es de 6 Km² aproximadamente, su longitud máxima de 5,5 km y su ancho de 1,5 km aproximadamente. Es una isla ubicada entre 69° 41' 10" longitud oeste y 15° 45' 15" latitud sur.

El cerro de Chiani, se encuentra en la península de Chucuito, comunidad Churo. La península de Chucuito se encuentra entre las coordenadas: 69°48' de longitud oeste, 15°46' de latitud sur y 69°46' oeste y 15°54' sur, del meridiano de Greenwich. Tiene una extensión de 450 Km².



Figura 01. Ubicación de la zona de estudio

3.2 Metodología

Las evaluaciones fueron quincenales, entonces hice dos evaluaciones por mes en cada una de las zonas de evaluación.

Objetivo específico 1: Comparación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, entre la isla Taquile y el cerro Chiani.

La evaluación hice por medio de la utilización de cuadrantes aleatorios. En cada cuadrante conté el número de especies y el número de individuos por cada especie. Las dimensiones de los cuadrantes fueron de acuerdo a las especies encontradas, las mismas que fueron 1x1 y 0,25 x 0,25 m. Realicé los recorridos en forma de serrucho a lo largo de las zonas de estudio. Las especies que no pudieron ser identificadas en el campo, fueron recolectadas en bolsas, debidamente etiquetadas y luego colocadas en prensas, para posteriormente identificarlas. Las flores fueron conservadas en frascos de vidrio, para finalmente identificar. Durante la evaluación y/o recolección de especímenes, consideré especies dominantes y raras. La identificación de las especies realicé en el gabinete de botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Así mismo, en el Herbario de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, con ayuda de un estereoscopio profesional del herbario VARGAS CUZ y con ayuda del M.Sc. Alfredo Tupayachi Herrera.



Figura 02. Identificación de especies de flora silvestre en el herbario VARGAS CUZ de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, febrero 2011.

Los datos de campo analicé con los índices de Simpson y Shannon-Wiener, para ello utilicé el programa de Krebs. Cabe resaltar que los datos que analicé, fueron los índices encontrados tanto de Simpson y Shannon - Wiener (abundancia proporcional), mientras que para el caso de riqueza específica fue el número de especies encontradas en cada zona de estudio.

Las fórmulas aplicadas fueron:

Simpson:

$$D = 1 - \sum p_i^2$$

Shannon

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Los resultados los analicé con Mann Whitney. Como factor influyente consideré el tiempo de evaluación para ambas zonas evaluadas, para lo cual utilicé la prueba Kruskal Wallis. Utilicé el programa de INFOSTAT.

Las fórmulas aplicadas fueron:

Mann Whitney:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

Kruskal Wallis:

$$H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{\sum (\sum R)^2}{n_i} \right) \right] - 3(N-1)$$

Objetivo específico 2: Evaluación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la altitud y temperatura ambiental.

La evaluación realicé por medio de la utilización de cuadrantes aleatorios. En cada cuadrante conté el número de especies y el número de individuos por cada individuo. Las dimensiones de los cuadrantes fueron de acuerdo a las especies encontradas, las mismas que fueron 1 x 1 y 0,25 x 0,25 m.

La evaluación realicé en forma lineal, utilizando el método acumulativo, cada 50 m de incremento de altitud, entonces evalué a los 3850, 3900, 3950, 4000 y 4050 msnm. El número de muestreos varió en cada zona evaluada. Utilicé un GPS Garmin HC con altímetro barométrico para medir la altitud.

Solicité información de temperatura ambiental del SENHAMI Puno.

Identifiqué las especies en el gabinete de botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Las especies que no pudieron ser identificadas, las identifiqué en el herbario de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco con ayuda del MSc. Alfredo Tupayachi Herrera.

Los datos los analicé con los índices de Simpson y Shannon-Wiener, para ello utilicé el programa de Krebs, para posteriormente analizarlas con la prueba de Kruskal Wallis. Utilicé una prueba gráfica de contraste. Los resultados analizados, fueron los índices de diversidad tanto de Simpson como de Shannon-Wiener, lo anterior para el caso de abundancia proporcional, mientras que para la riqueza específica los datos analizados fueron el número de especies encontradas en cada altitud establecida.

Para el caso de la variable temperatura, utilicé una prueba de correlación no paramétrica de Spearman simple, para hallar el grado de asociación entre la riqueza específica y abundancia proporcional de flora silvestre con la temperatura, en cada una de las zonas evaluadas.

Fórmula de correlación no paramétrica:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_1^2}{n^3 - n}$$

Objetivo específico 3: Evaluación de la abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la precipitación pluvial.

Realicé la evaluación por medio de la utilización de cuadrantes aleatorios. Las dimensiones de los cuadrantes fueron de acuerdo a las especies encontradas, las mismas que fueron 1x1 y 0,25 x 0,25 m. Utilicé el método acumulativo, por lo que el número de muestreos en cada zona evaluada varió. Hice los recorridos en forma de serrucho a lo largo de las zonas de estudio. Solicité información de precipitación diaria de SENAMHI.

Los datos de campo los analicé con los índices de Simpson y Shannon-Wiener, para ello utilicé el programa de Krebs. Finalmente los datos los analicé con una prueba de correlación no paramétrica de Spearman con el software INFOSTAT, para determinar el grado de asociación entre la diversidad de especies y la precipitación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Objetivo específico 1: Comparación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, entre la isla Taquile y el cerro Chiani.

Para el caso de riqueza específica registré un total de 118 especies en las dos zonas de estudio, pertenecientes a 45 familias. En la isla Taquile registré 94 especies, pertenecientes a 35 familias, siendo diferente con el estudio hecho por CONDORI *et al* (2002) en el que registra 56 especies, determinando sólo 23 familias. De otro lado, CIRMA y EDAFOR (2001) registra 96 especies. Esta diferencia de familias, puede deberse a los meses de evaluación, en los que hay una mayor presencia de especies, que fácilmente puede ser identificado por la flor. Además, el área de muestreo también pudo influir, puesto que en mi estudio se evaluó toda la isla.

Por otra parte, en el cerro Chiani, identifiqué 93 especies pertenecientes a 38 familias, existiendo 5 familias más que en la isla Taquile. Análogamente, CANALES y SARMIENTO (1997) registran 40 especies para Chucuito, mientras que CIRMA y EDAFOR (2001) registra 132 especies para la península de Chucuito. Claro está que esta gran diferencia se debe a la diferencia de áreas evaluadas. De otro lado ARTETA (2008) en su evaluación de plantas vasculares en el centro poblado de Llachón, reporta 154 especies agrupadas en 131 géneros y 58 familias, donde las familias con mayor representatividad fueron Asteraceae con 28 spp. (18%), Fabaceae 11 spp (7%).

En base a lo anteriormente señalado, existe un mayor número de familias en el cerro Chiani, en comparación a la isla Taquile, pudiendo deberse al aislamiento y reducido área de éste último, tal como lo señala SUGG (1996) a mayor área, mayor número de especies.

Si tan solo hubiéramos considerado la riqueza de familias, podríamos afirmar que el cerro Chiani tiene una mayor riqueza de especies en comparación con la isla Taquile, así lo afirma WILLIAM y GASTON (1994), la riqueza de familias es un buen predictor de la riqueza de especies, para un amplia variedad de grupos taxonómicos y regiones del planeta.

Las especies encontradas en cada zona de evaluación, se muestra en ANEXO, Cuadro 15.

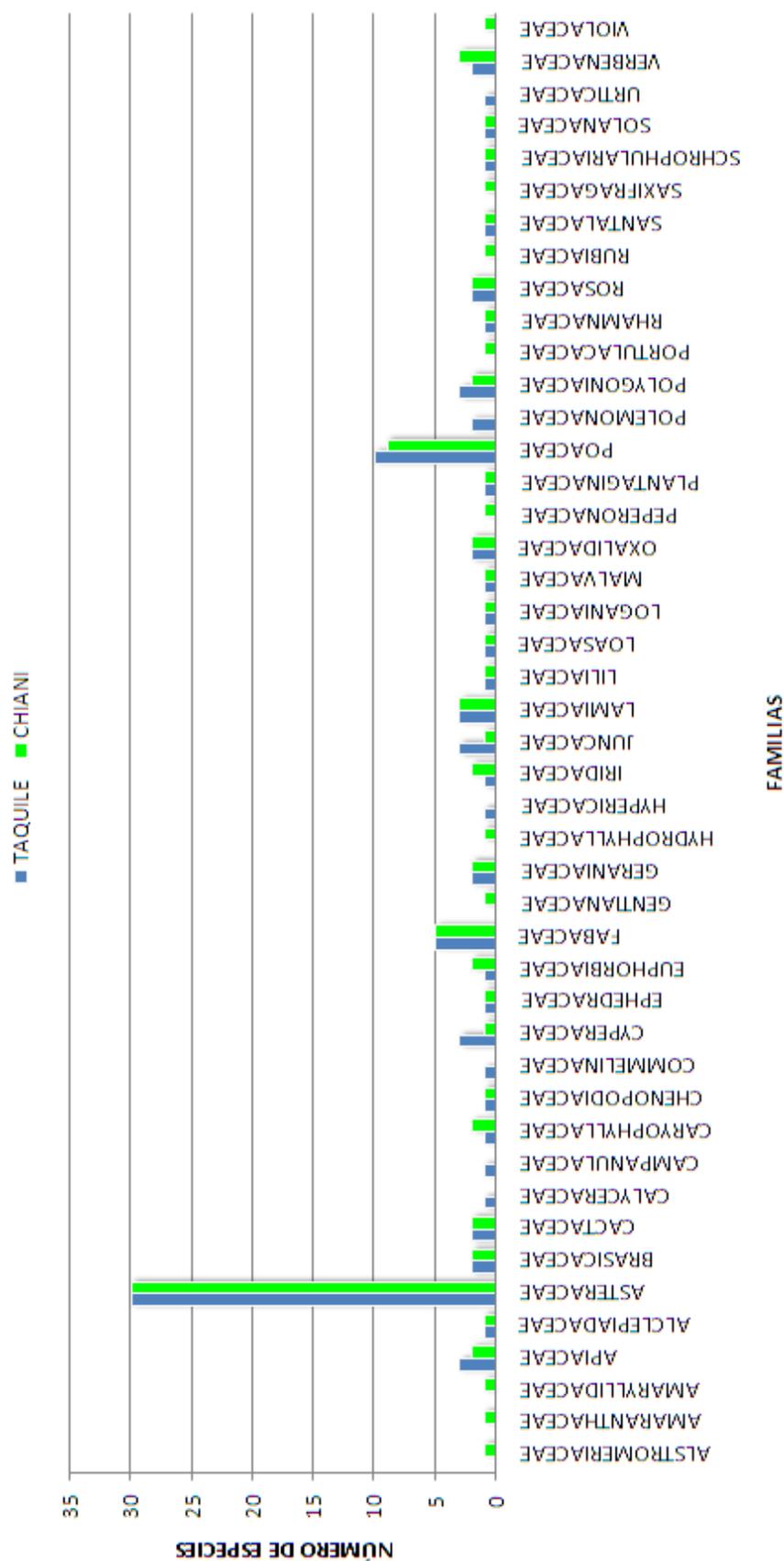


Figura 03. Distribución de las familias de flora silvestre registradas en la isla Taquile y cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

Las familias con mayor número de especies fueron Asteraceae con 30 especies, fabaceae con 5 especies y poaceae con 10 especies en ambas zonas de estudio (Figura 03). ARTETA *et al.* (2006) en la evaluación de plantas vasculares de la bahía de Juli en el sector de Huaquina y comunidades de Olla y C’aje–Huaylluni, a orillas del Lago Titicaca, desde los 3 830 hasta los 4 200 m de altitud, también encontró que las familias Asteraceae y Poaceae son las mejor representadas.

Las familias Astromeriaceae, Amaranthaceae, Amaryllidaceae, Gentianaceae, Hydrophyllaceae, Peperonaceae, Portulacaceae, Rubiaceae, Saxifragaceae y Violaceae fueron las que estuvieron presentes en el cerro Chiani, pero ausentes en la isla Taquile. FERNÁNDEZ y MORICI (2002), indica que las islas no sólo presentan menos especies por unidad de superficie, comparable, sino que además, entre las presentes, existen notables ausencias taxonómicas, familias, órdenes e incluso phyla.

Por otra parte, las familias Calyceraceae, Campanulaceae, Commelinaceae, Hypericaceae y urticaceae fueron las que estuvieron presentes en la isla Taquile, pero ausentes en el cerro Chiani.

Cuadro 03. Resultados de abundancia proporcional de especies de flora silvestre en la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 a febrero 2011).

ZONAS	Diversidad de flora silvestre (Índices de abundancia proporcional)									
	Meses	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		
	Índices	Simpson	Shannon	Simpson	Shannon	Simpson	Shannon	Simpson	Shannon	
TAQUILE	Prom.	0,641	1,896	0,629	1,730	0,593	1,703	0,658	1,991	
		0,609	1,786	0,741	2,197	0,639	1,893	0,730	2,236	
	Min.	0,059	0,254	0,066	0,236	0,136	0,335	0,123	0,507	
		0,115	0,411	0,079	0,282	0,164	0,576	0,238	0,776	
	Max.	0,927	3,16	0,905	3,14	0,924	2,86	0,923	3,26	
		0,944	2,79	0,952	3,39	0,903	3,18	0,972	3,46	
CHIANI	Prom.	0,661	1,954	0,616	1,852	0,710	2,309	0,737	2,466	
		0,708	2,091	0,713	2,204	0,728	2,369	0,736	2,350	
	Min.	0,226	1,04	0,114	0,444	0,466	1,61	0,136	0,542	
		0,282	1,15	0,331	1,14	0,408	1,34	0,31	0,785	
	Max.	0,913	2,69	0,89	3,18	0,882	3,1	0,914	3,52	
		0,892	3,08	0,89	2,96	0,88	3,06	0,893	3,36	

De acuerdo al Cuadro 03, fue en el cerro Chiani en el que encontré la mayor diversidad de especies de acuerdo al índice de Shannon con 2,466 en promedio en el mes de febrero, siendo el máximo 3,52 en el mismo mes, un valor que indica una alta diversidad, tal como señala COLWELL *et al.* (2004), valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos". Mientras que para el caso de dominancia, según el índice de Simpson, es en la isla Taquile donde existe una menor diversidad y por lo tanto, mayor dominancia de algunas especies con un índice de 0,593 en promedio en el mes de enero, registrándose la menor diversidad en noviembre (0,059) con las especies *C. ramosissima* con 192 individuos, *L. meyenni* 64, *M. volcánica* 96, *A. pinnata* 112, *P. clandestinum* 144, *M. fastigiata* 64, *T. repens* 64.

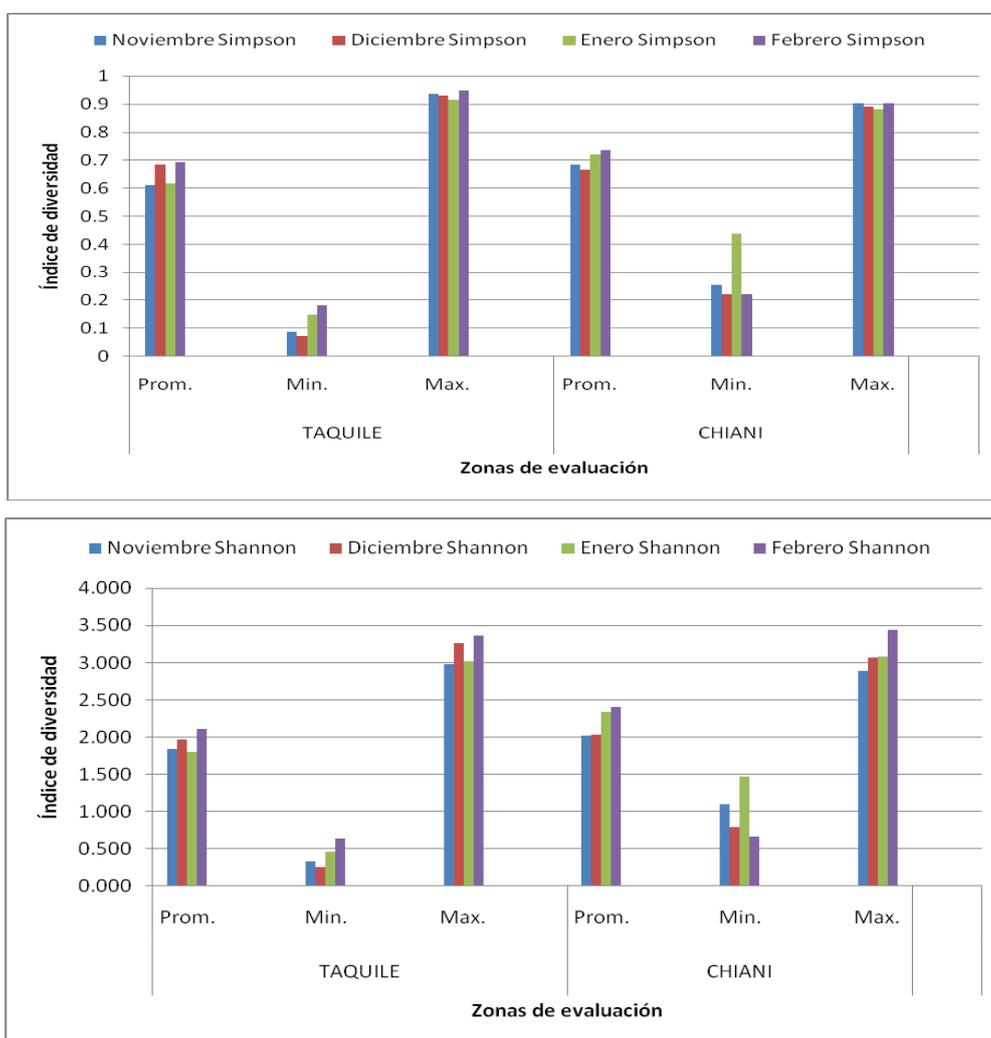


Figura 04. Diversidad de especies de flora silvestre mediante los índices de Simpson y Shannon en la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

En el cerro de Chiani es donde registré la mayor diversidad de especies. Considerando los valores máximos del índice de Shannon, en el mes de febrero registré una diversidad de 3,49, indicando una alta diversidad. Por otra parte, viendo los valores mínimos de los índices de Simpson, en el mes de enero se registra una evidente mayor diversidad en el cerro Chiani con un índice de Simpson de 0,437, en el que la dominancia de ciertas especies es menor, en relación a la isla Taquile donde el índice de Simpson es 0,15 (Figura 04). Este resultado es corroborado por HALFFTER (1992), que indica que cuanto mayor el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad. Esto es muy común, por ejemplo, en algunos tipos de vegetación templada como los bosques de pinos, donde hasta el 90% de la biomasa del ecosistema está formada por sólo una o dos especies, y el 10% restante por una cantidad grande de plantas de baja abundancia.

Cuadro 04. Análisis de la riqueza específica de flora silvestre de la isla Taquile y el cerro Chiani, aplicando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Zonas	Variable	n	Media	DE	P
Taquile	R. específica	8	68,88	10,37	0,3417
Chiani	R. específica	8	63,88	6,98	

Los resultados indican que no existe diferencia estadística de la riqueza específica entre las dos zonas en estudio ($GL= 1$; $N= 8$; $P = 0,3417$) (Cuadro 04). Sin embargo, de acuerdo a las medias es en la isla Taquile donde registré una mayor riqueza específica y esto se debe a que la isla Taquile tiene una mayor área que el cerro Chiani. Contrariamente YOCKTENG y CAVELIER (1998), en su evaluación de flora entre una zona insular y zona continental, demuestra que la baja riqueza de especies se registró en la isla Gorgona, en comparación con los bosques continentales de Chocó. Esta bajo número de especies puede ser el resultado de varios factores. Al aislarse hace 12 000 años Gorgona debió soportar un mayor número de especies, el cual se vio reducido por los procesos de relajación y de extinción propios de las islas continentales (WILCOX 1978).

El resultado no implica que no haya diferencia en cuanto a las especies registradas entre las dos zonas de estudios, por cuanto el resultado sólo indica que no existe diferencia del número de especies entre las zonas en estudio. Sin embargo, la media encontrada en la isla Taquile, es mayor que en el cerro Chiani. Así, en la isla Taquile las especies *B. tenella*, *E. linifolius*, *A. tribuloides*, *S. tupaeformis*, *C. ramosissima*, *L. chlorolepis*, *H. caespitosum*, *M. setosa*, *B. dulcis*, *C. elliptica*, *J. pallescens*, *O. pachyrriza*, *B. simplex*, *P. annua*, *C. buxifolia*, *C. tomentosa*, *P. aviculare*, *C. hermafroditus*, *U. urens* se encuentran ausentes en el cerro Chiani. CIRMA y CEDAFOR (2001), mencionan además la presencia de *Coronopus didymus*, *Hordeum muticum*, *Nasella mucronata*, *Ranunculus cymbalaria* y *Tillandsia capilaris*. La no identificación de estas últimas especies, tal vez se deba a una confusión en la identificación al momento de la identificación, puesto que *H. muticum* una poaceae, se le ve florecer en marzo PESTALOZI *et al.* (1998), de manera que su identificación certera se vio dificultada. Por otra parte, *R. cymbalaria* y *T. capilaris* pudo no haberse visto durante la evaluación dada la rareza de las mismas (PESTALOZI *et al.* 1998). Finalmente, *C. didymus* pudo no haberse considerado puesto que los lugares donde normalmente se desarrollo en terrenos cultivados (PESTALOZI *et al.* 1998).



Figura 05. Especies de flora silvestre de la isla Taquile: A: *Cardionema ramosissima*, B: *Cyperus hermafroditus*, C: *Siphocampylus tupaeformis* y D: *Cantua buxifolia* (noviembre 2010 – febrero 2011).

Por otra parte, para el cerro Chiani, *A. pygmaea*, *G. elegans*, *Zephyrantes sp.*, *B. postrata*, *B. pilosa* var. *triplinervis*, *Gamochaeta sp.*, *C. vulgatum* var. *peruviana*, *P. andina*, *E. raphanorrhiza*, *V. gramínea*, *G. sedifolia*, *P. bipinnatifida*, *S. herrerae*, *A. exchremorrisum*, *N. andicola*, *P. verruculosa*, *C. acaulis*, *G. apovine*, *R. brachybrotis*, *Verbena sp.* y *Viola sp* son las especies ausentes en la isla Taquile. De lo anteriormente señalado se puede inferir que existe un mayor número de especies propias en el cerro Chiani.



Figura 06. Especies de flora silvestre del cerro Chiani: A: *Peperionia verruculosa*, B: *Phacelia bipinnatifida*, C: *Anthericum exchremorrisum*, D: *Gentiana sedifolia* (noviembre 2010 – febrero 2011).

Cuadro 05. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre la isla Taquile y el cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – febrero 2011).

Zonas	Variable	n	Media	DE	P
Taquile	Índice de Simpson	424	0,66	0,21	0,1120
Chiani	Índice de Simpson	335	0,7	0,14	

Los resultados indican que no existe una diferencia en cuanto a los índices de Simpson encontrados en ambas zonas de estudio ($GL = 1; N = 759, P = 0,1120$), esto puede implicar que en ambas zonas existen un similar número de especies que dominan o que tienen una mayor abundancia en relación a otras especies, con una media de 0,66 para Taquile y 0,7

para el cerro Chiani (Cuadro 05). CONDORI *et al.* (2002), en su evaluación de flora silvestre en la Isla Taquile registra un índice de diversidad de Simpson de 0,703, siendo un resultado similar al encontrado en mi evaluación. Por otra parte, CANALES y SARMIENTO (1997) en su evaluación hecha en la península de Chucuito registra un índice de Simpson 0,93, indicando una mayor diversidad a la encontrada en el cerro Chiani.

En un estudio similar realizado por YOCKTENG y CAVELIER (1998), entre la isla Gorgona y el bosque bajo de Calima (Colombia) encontraron índices de Simpson de 0,38 y 0,27 respectivamente, indicando un mayor dominancia de especies en el bosque bajo de Calima en comparación a la isla Calima, siendo resultados contrarios al encontrado en mi evaluación.

Sin embargo, cabe resaltar que fue en la isla Taquile en el que registré una menor diversidad y en consecuencia mayor dominancia de ciertas especies. Esto puede deberse a que la isla se encuentra dividida a manera de andenes, permitiendo que exista una zona rocosa en el que existe un grado de humedad mayor por la presencia de arbustos como *A. pentlandiana*, *A. gilbertii*, propiciando una mayor abundancia de especies como *A. pinnata*, *B. andicola*, *M. volcánica*; y una zona llana donde existe menor humedad en el que especies como *E. pazensis*, *T. repens*, *P. clandestinum*, y otras especies postradas y rastreras se ven favorecidas y por lo tanto son más abundantes. Así mismo, la heterogeneidad del hábitat, zonas rocosas, zonas llanas, presencia de riachuelos, y otros también influyen en la menor y mayor abundancia de determinadas especies, que influye en el nivel de diversidad encontrada. Al respecto MORENO (2001), indica que la biodiversidad está asociada a condiciones del hábitat (aislamiento, climas extremos), estabilidad climática, heterogeneidad del hábitat. También TUOMISTO *et al.* (2003), menciona que factores bióticos y abióticos influyen en la composición florística de los sitios. Por ejemplo, para varios grupos de plantas en el oeste de la Amazonia se encontró que las afinidades florísticas están relacionadas principalmente con los ambientes abióticos, pero también con la distancia geográfica.

Entonces, las especies que presentaron una mayor dominancia en la isla de Taquile fueron *M. volcánica*, *C. ramosissima*, *T. repens*, *M. fastigiata*, *B. andicola*, *L. meyenni*, *P. clandestinum*, *A. pinnata*, *Poa sp.*, *A. breviculmis*, *E. pazensis*, *E. nigricans*, *P. annua*, *T. multiflora* y *E. cicutarium*.



Figura 07. Especies dominantes de flora silvestre de la isla Taquile: A la izquierda se muestra *Muehlenbeckia volcánica* y a la derecha *Bidens andicola* (noviembre 2010 – febrero 2011).

Para el caso del cerro Chiani, las especies de mayor dominancia fueron *M. pinnatus*, *M. volcánica*, *L. lysimachioides*, *E. huanchahana*, *O. andicola*, *H. mandoneana*, *A. garbancillo*, *P. clandestinum*, *T. repens*, *C. artemisiifolia*, *D. montanus*, *Gamochaeta* sp., *B. postrata*, *S. ichu*, *A. pinnata*, *Werneria* sp., *V. microhyla*, *Galium*, *J. arcticus*, *A. exchremorrisum*, *E. raphanorrhiza*, *A. breviculmis*, *E. cicutarium* y *T. multiflora*.



Figura 08. Especies dominantes de flora silvestre en el cerro Chiani: A la izquierda se muestra *Hedeoma mandoneana* y a la derecha *Erodium cicutarium* (noviembre 2010 – febrero 2011).

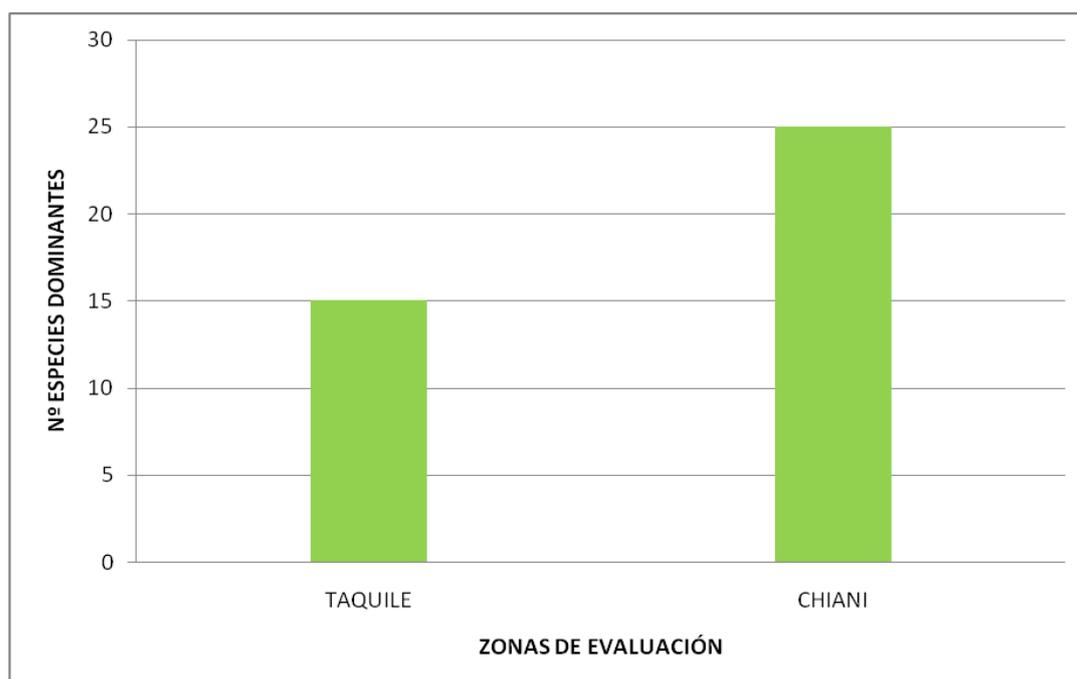


Figura 09. Número de especies dominantes de flora silvestre en la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

A pesar de que en la isla Taquile se registra valores bajos del índice de Simpson, que indica una mayor dominancia de ciertas especies como las que ya se mencionó anteriormente, la dominancia está enmarcada a sólo 15 especies de flora silvestre mientras que en Chiani la dominancia queda representada por 25 especies, de manera que en este último hay una mayor homogeneidad de distribución y abundancia de las especies los mismos que influyen en la diversidad (Figura 09).

Cuadro 06. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre la isla Taquile y el cerro Chiani, utilizando la prueba Mann Whitney con el software INFOSTAT, (noviembre 2010 – febrero 2011).

Zonas	Variable	n	Media	DE	P
Taquile	Índice de Shannon	424	1,93	0,69	<0,0001
Chiani	Índice de Shannon	335	2,20	0,57	

Los resultados indican diferencia estadística de la diversidad de especies según el índice de Shannon (GL = 1; N = 759, P <0,0001) (Cuadro 06).

Los valores del índice de Shannon se hacen más grandes mientras la abundancia de las especies sean cercanas unas de otras, caso que se presenta en el cerro Chiani con una media de 2,20, indicando una mayor diversidad en comparación a la isla Taquile con una media de 1,93. De la misma manera YOCKTENG y CAVELIER (1998), encontraron que existe una menor diversidad en la isla Gorgona en comparación con un bosque de la zona continental. En su comparación entre la isla Gorgona y cuatro bosques continentales del pacífico tuvieron un índice de equitabilidad de Shannon mayor que el de la isla. Esto sugiere que la mayoría de especies en los bosques continentales poseen una cantidad similar de individuos, mientras que en la isla existen unas especies mejor representadas por otras.

Como ya se mencionó anteriormente, en la isla Taquile la dominancia de especies está representado por 15 especies, en los que algunos casos como *A. pinnata* llega hasta 244 individuos, *C. ramosissima* con 192 individuos, *P. annua* a 96 individuos, mientras que para el caso del cerro Chiani, la dominancia está representado por 25 especies como *E. huanchahana* con 48 individuos, *P. clandestinum* 48 individuos, *S. ichu* con 22 individuos, *C. artemisiifolia* con 48 individuos, *O. andicola* con 48 individuos, *T. repens* con 32 individuos. Al respecto PLA (2006), menciona que si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante y las restantes $S-1$ especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea al tomar al azar un individuo, en el primer caso se tendrá un grado de certeza mayor (menor incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie.

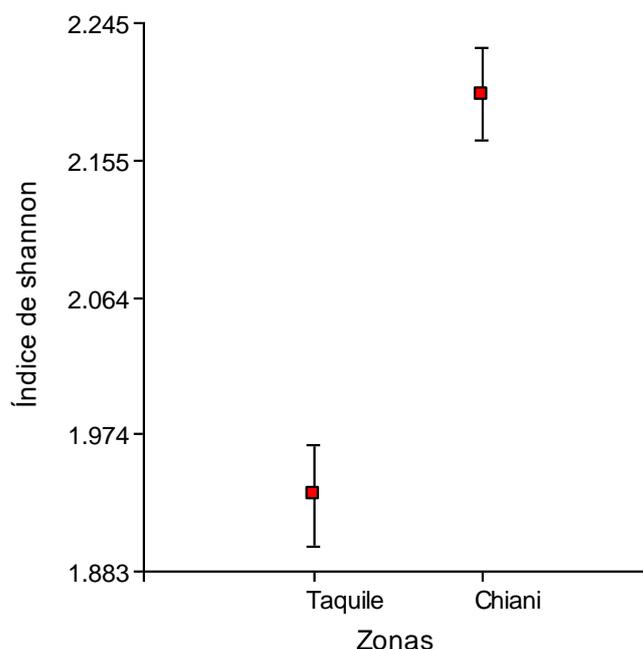


Figura 10. Análisis de contraste de la diversidad de flora silvestre (índice de Shannon), entre la isla Taquile y el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

Existe una significativa mayor diversidad en el cerro Chiani, puesto que la dominancia está representado por 25 especies, mientras que en la isla Taquile por apenas 15 especies, de manera que hay mayor homogeneidad de distribución de los especies en el cerro Chiani (Figura 10). Sin embargo, ORTEGA y SANTOS (2001), en su estudio de diversidad en islas y zonas continentales, indica *los niveles de diversidad* en distintas especies de las islas Canarias se muestran comparativamente altos, equivalentes a los encontrados en floras continentales, siendo este resultado contrario a lo encontrado en mi evaluación.

Cuadro 07. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Simpson) entre noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile y cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT.

Variable	Meses	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
I. Simpson	Noviembre	193	0,65	0,20	0,69	21,92	< 0,0001
I. Simpson	Diciembre	183	0,67	0,20	0,71		
I. Simpson	Enero	177	0,66	0,16	0,70		
I. Simpson	Febrero	206	0,71	0,18	0,77		

Los resultados indican diferencia de la diversidad de especies para ambas zonas, entre los meses de evaluación (GL = 3; N = 759, P < 0,0001) (Cuadro 07).

Para la isla Taquile, en el mes de noviembre, las especies dominantes fueron *C. ramosissima*, *T. repens*, *M. volcanica*, *B. andicola*, *A. pinnata*, *P. clandestinum*, *A. breviculmis*, *J. arcticus*, en el mes de diciembre *M. fastigiata*, *B. andicola*, *T. repens*, *A. pinnata*, *P. clandestinum*, *M. volcánica*, *C. ramosissima*, en el mes de enero *T. repens*, *P. annua*, *E. cicutarium*, *P. clandestinum*, *A. pinnata*, *T. multiflora* y finalmente en el mes de febrero *V. littoralis*, *A. pinnata*, *E. cicutarium*, *T. repens*, *P. clandestinum*, *G. americana*. En general, la dominancia ciertas especies de la isla Taquile no cambia significativamente a la largo de los meses, dado que las características ambientales de la zona, la influencia del lago Titicaca, modelan la ausencia, presencia, dominancia, rareza de ciertas especies.



Figura 11. Especies dominantes de flora silvestre en los meses de noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile: A la izquierda se observa *Alchemilla pinnata* y a la derecha *Trifolium repens*.

Por otra parte, en el cerro Chiani, en noviembre, las especies dominantes fueron *E. huanchahana*, *M. pinnatus*, *M. volcánica*, *S. ichu*, *O. andicola*, *M. fastigiata*, *T. repens*, *C. artemisiifolia*, *P. clandestinum*, *B. postrata*, en diciembre *E. huanchahana*, *T. repens*, *M. pinnatus*, *M. fastigiata*, *C. artemisiifolia*, *S. ichu*, *B. andicola*, *A. pinnata*, *A. breviculmis*, *O. andicola* y *H. mandoneana*, en el mes de enero *N. andicola*, *A. exchremorrisum*, *Galium sp.*, *L. lysimachioides*, *B. andicola*, *A. pinnata*, *H. mandoneana* y finalmente en el mes de febrero *N. andicola*, *A. exchremorrisum*, *Galium sp.*, *L. lysimachioides*, *H. mandoneana*, *B. andicola*.

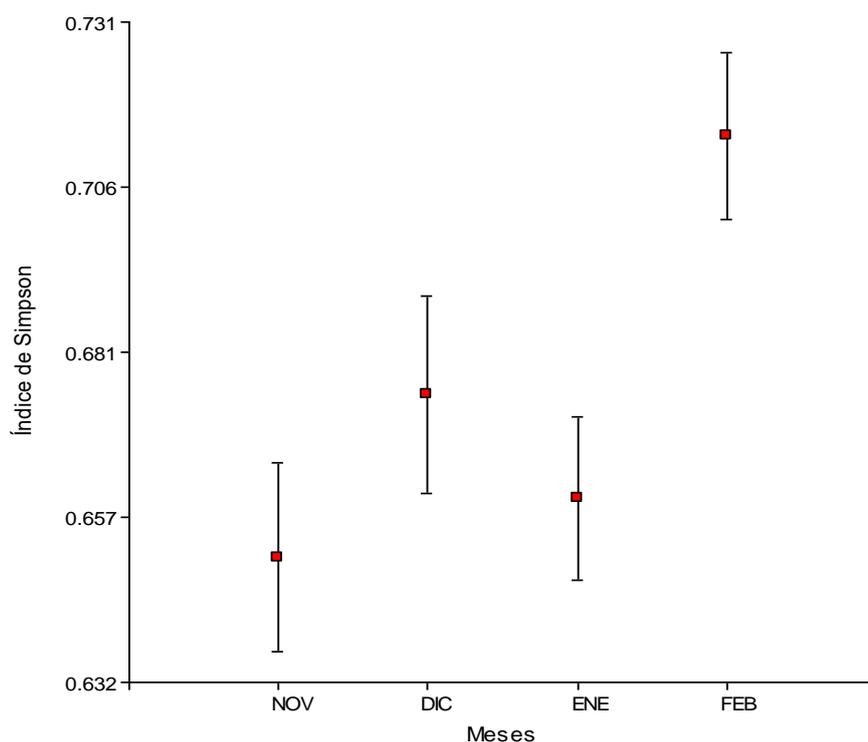


Figura 12. Análisis de contraste de la diversidad de flora silvestre (índice de Simpson), para encontrar diferencias entre noviembre 2010 – febrero 2011.

Es en febrero donde registré una mayor diversidad y menor dominancia de ciertas especies, por la aparición de nuevas especies, por lo que el índice aumenta, siendo ese mes el que hace la diferencia en relación a otros meses (Figura 12). Esto indudablemente se debe al aumento de la precipitación pluvial, así lo señala MINAM (2010), el clima es el principal responsable del desarrollo y distribución de las plantas, por lo que el criterio climático es muy importante para delimitar espacios geográficos con determinadas características climáticas, especialmente relacionados a la humedad del suelo y la temperatura, en los cuales se desarrollan determinados tipos de vegetación. Cabe resaltar que el recambio de especies es más notable en el cerro Chiani, tal como se señaló anteriormente. Por ejemplo, *A. exchremorrisum*, solo aparece a partir de enero, cuando las precipitaciones aumentan, *C. artemisiifolia*, empieza a decaer a partir de enero, cuando termina su proceso de floración y estas empiezan a secarse.

Cuadro 08. Análisis de la diversidad de flora silvestre (Índice de Shannon) entre noviembre 2010 – febrero 2011 en la isla Taquile y el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT.

Variable	Meses	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
I. Shannon	Noviembre	193	1,92	0,61	2,03	30,45	< 0,0001
I. Shannon	Diciembre	183	1,99	0,68	2,07		
I. Shannon	Enero	177	2,03	0,59	2,06		
I. Shannon	Febrero	206	2,25	0,68	2,38		

Análogamente a los resultados mostrados en el cuadro 07, existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Shannon entre los meses de evaluación (GL = 3; N = 759; $\alpha = 0,05$; $P < 0.0001$) (Cuadro 08).

En la isla Taquile, en los meses de mayor precipitación (enero y febrero) la diversidad aumenta por la aparición y mayor número de individuos de especies como *V. petflanssi*, *L. chlorolepis*, *J. pallescens*, *C. pumila*, *S. tupaeformis*, *C. hermafrodytus*, *H. neoherrerae*, *E. linifolius*, *C. elliptica*. Para el caso del cerro Chiani, la diversidad se ve incrementada por la aparición de especies como *A. pygmaea*, *A. exchremorrisus*, *H. mandoneana*, *E. raphanorrhiza*, *S. chilencis*, *S. andicola*, *T. multiflora*, *C. ambrosioides*, *P. verruculosa*, *L. lysimachioides* principalmente en los meses de enero y febrero.



Figura 13. Dos de las especies que influyeron en la diferencia de diversidad de flora silvestre durante los meses noviembre 2010 – febrero 2011. A la izquierda se muestra *Castilleja pumila* y a la derecha *Sisyrinchium andicola*.

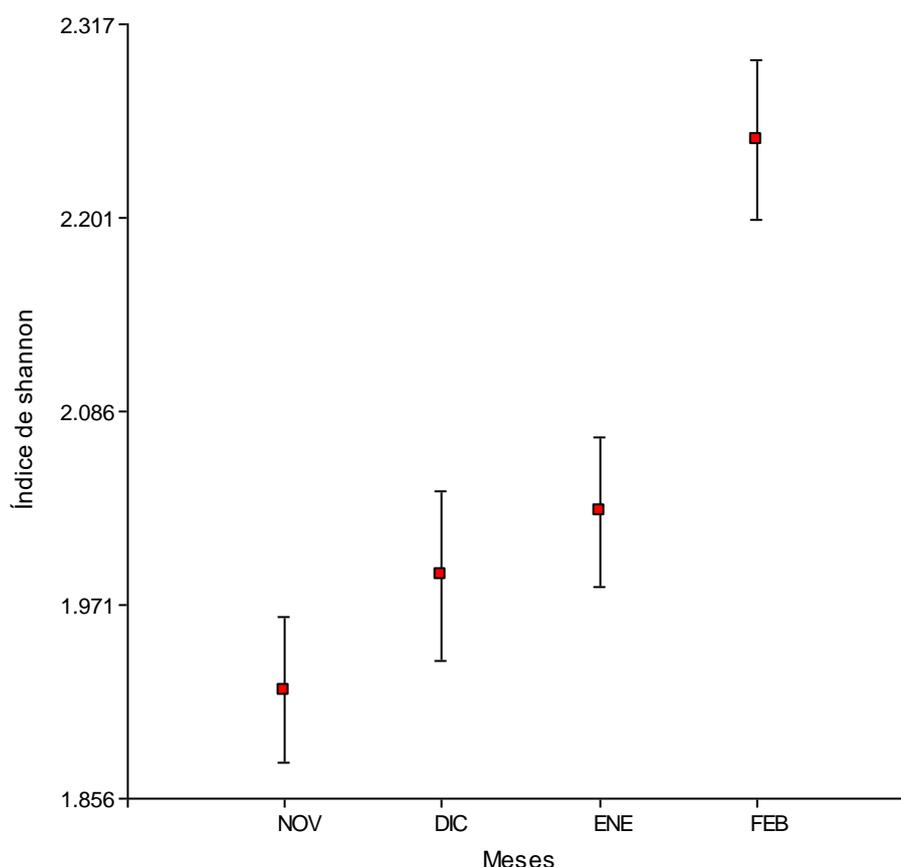


Figura 14. Análisis de contraste de la diversidad de flora silvestre, para encontrar diferencias entre noviembre 2010 – febrero 2011.

En febrero registré la mayor diversidad de flora silvestre, tanto en la isla Taquile así como en el cerro Chiani. Este incremento de la diversidad, está influenciado por el incremento de las precipitaciones (Figura 14). Así, en un estudio se registra 109 especies en las localidades de Yanacocha, Sacsamonte y Pumahuanca (cordillera Vilcanota), mientras que en otro estudio registra sólo 76 especies en el mismo lugar, pudiendo deberse la diferencia de especies a que el primer estudio fue realizado en una época lluviosa, mientras que el segundo fue realizado en una época seca (BEJAR 1996).

Por todo lo anteriormente señalado, se acepta la hipótesis planteada, de manera que existe una mayor diversidad en el cerro Chiani. Este resultado, se debe principalmente a la topografía de la isla Taquile, en el que la dominancia de algunas pocas especies es muy

marcada en relación a otras. En Chiani, existe una mayor homogeneidad de distribución de las especies, haciendo que en esta exista una mayor diversidad.

Al respecto, RICHMAN et al. (1988) indica que por lo general el número de especies en un área del continente es significativamente mayor que para una isla de igual tamaño. Esta diferencia ha sido interpretada como el resultado de tamaños poblacionales menores en las islas y por lo tanto mayores tasas de extinción, así como por la facilidad de inmigración y emigración en el área del continente que se compara con la isla, físicamente aislada de la fuente de especies (YOCKTENG y CAVELIER 1998).

Objetivo específico 2: Evaluación de la riqueza específica y abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la altitud.

En la isla Taquile, a los 3850 msnm registré 37 especies, a 3900 msnm 54 especies, a los 3950 msnm 53 especies, a 4000 msnm 50 especies y a los 4050 msnm 34 especies (ANEXO, Cuadro 16).

Cabe resaltar que la mayoría de las especies no tiene una distribución limitada por la altitud, sin embargo su abundancia sí.

Especies como *A. tribuloides* aparece a partir de los 3950 hasta 3850 msnm, en suelos abiertos en asociación con *E. pazensis*, *J. arcticus* principalmente. HEYWOOD (1985) menciona que la mayoría de las especies de las calyceraceae, entre ellas *A. tribuloides*, viven en suelos áridos cubiertos de vegetación arbustiva abierta o esteparia. Así mismo, *C. pumila* registré desde los 3950 hasta 3900 msnm. Sin embargo, KOLFF y KOLFF (1997), indica que esta especie se encuentra distribuida desde los 3900 hasta 4300 msnm, cerca a corrientes de agua, por lo que inferimos que el factor agua es uno de los factores que influye en su distribución, puesto que a los 4050 msnm, la característica del clima es seco, sin presencia de fuente alguna de agua.

También, *T. multiflora* registré a partir de los 4000 msnm, al igual de *S. tupaiformis* y *B. dulcis*. Al respecto KOLFF y KOLFF (1997), menciona que la especie *S. tupaiformis* crece en pastizales a 3300 hasta 3800 msnm. Sin embargo, durante mi evaluación, la mayoría de los individuos registrados se encontraron en zonas rocosas, húmedas, en asociación *A. pentlandiana*, *M. setosa*, *B. pentlandii* principalmente. Así mismo, el mismo autor indica

que la especie *B. dulcis*, se distribuye desde 3900 hasta 4850 msnm cerca a grandes rocas, coincidiendo con la evaluación, por cuanto en toda la evaluación esta especie mostró un comportamiento geófito.

Por otra parte, *C. elliptica*, *C. hermafroditus*, *J. pallescens* y *R. pilosus* identifiqué a partir de los 3900 msnm, siendo estas especies de hábitats permanentemente húmedos. Sin embargo CÁCEDA y ROSSEL (1993), indican que la especie *R. pilosus* abunda en valles interandinos desde los 2500 hasta 3800 msnm, en lugares húmedos, floreciendo desde enero a abril.

Por todo lo anteriormente señalado, la isla Taquile, así como en otras islas rompe con el esquema de distribución de muchas especies, por cuanto se trata de un ecosistema único, influenciado por el lago Titicaca. Así lo señala MAYR (1967), desde siempre las peculiaridades de la flora y fauna insulares han excitado la imaginación de los científicos, naturalistas, o simplemente, de los curiosos. Ello es así porque las islas constituyen un universo mucho más homogéneo y sencillo que los continentes, de forma que pueden evidenciar fenómenos biológicos, con una claridad que sólo se obtiene en tubos de ensayo. De hecho cada biota insular constituye un experimento en sí misma, en la medida que es la respuesta a una serie de características físicas e históricas inherentes a la isla en la que se encuentra.

Cuadro 09. Análisis de la riqueza de específica de flora silvestre a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
N° especies	3850	8	21,88	8,43	24,0	6,7	0,1504
N° especies	3900	8	25,63	7,46	26,0		
N° especies	3950	8	20,75	4,74	20,5		
N° especies	4000	8	21,00	2,83	22,0		
N° especies	4050	8	19,75	2,71	19,5		

Los resultados indican que no existe diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas ($GL = 4$; $N = 40$; $\alpha = 0,05$; $P = 0,1504$) (Cuadro 09). Es decir, el número de especies registradas a las diferentes altitudes no son estadísticamente diferentes, sin embargo como se ha señalado anteriormente existe ciertas especies que se encuentran a determinadas altitudes, mientras que la mayoría tiene una amplia distribución, siendo la altitud un factor poco determinante. Contrariamente VEGA *et al.* (2008), en su evaluación en las comunidades de arbustos de sotobosque entre tres localidades al interior del parque nacional Yanachaga Chemillén (Pasco, Perú), registra 111 especies con 34 familias en la comunidad de San Daniel (2200msnm), mientras que para Pajuil (400msnm), 738 individuos y 214 especies con 45 familias y para Bocaz (1600msnm), 694 individuos y 160 especies con 44 familias, concluyendo que la riqueza de especies (S) y la abundancia de individuos (N) aumenta considerablemente conforme disminuye la altitud.

Cuadro 10. Análisis de la diversidad de flora silvestre (índice de Simpson) a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	DE	Medianas	H	P
I. Simpson	3850	49	0,57	0,25	0,61	15,25	0,0042
I. Simpson	3900	59	0,68	0,17	0,73		
I. Simpson	3950	51	0,72	0,16	0,78		
I. Simpson	4000	54	0,72	0,18	0,78		
I. Simpson	4050	46	0,63	0,25	0,71		

Los resultados indican diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson a diferentes altitudes de evaluación ($GL = 4$; $N = 259$; $\alpha = 0,05$; $P = 0,0042$) (Cuadro 10). Así, a 3950 y 4000 msnm registré la mayor diversidad de flora, y por lo tanto menor dominancia de especies con un índice de 0,72 en promedio, mientras a la altitud de 3850 registré menor diversidad (mayor dominancia) con un índice de 0,57 en promedio. La menor diversidad encontré a los 3850 msnm, a pesar de su mayor cercanía al lago Titicaca,

y este resultado puede deberse a que en esta zona el suelo está poco desarrollado en comparación a otras altitudes, siendo predominantemente de carácter rocoso.

A 4050 msnm las especies más dominantes fueron *M. volcánica* con 48 individuos/m², *C. ramosissima* hasta con 192 individuos/m², *T. repens* con 32 individuos/m², *P. clandestinum* con 48 individuos/m², *V.littoralis* con 48 individuos/m², *P. annua* con 80 individuos/m². Entonces a esta altitud son 6 especies las que principalmente dominan.

Asimismo, a 4000msnm las especies dominantes fueron *L. meyenni* con 32 individuos/m², *M. fastigiata* con 48 individuos/m², *B. andicola* con 48 individuos/m², *E. nigricans* con 32 individuos/m², *T. repens* con 64 individuos/m², *P. annua* con 122 individuos/m², *E. cicutarium* con 96 individuos/m², *P. clandestinum* con 64 individuos/m², *T. multiflora* con 32 individuos/m², *C. ramosissima* con 96 individuos/m² y *A. pinnata* con 80 individuos/m², siendo 10 especies las que principalmente se encuentran en mayor proporción en comparación con otras.

A los 3950 msnm, las especies con mayor abundancia fueron *L. meyenni* con 64 individuos/m², *M. volcánica* con 40 individuos/m², *A. breviculmis* con 48 individuos/m², *G. americana* con 48 individuos/m², *J. arcticus* con 80 individuos/m², *T. repens* con 64 individuos, *P. clandestinum* con 144 individuos/m², *E. pazensis* con 32 individuos/m², *C. ramosissima* con 48 individuos/m², *E. nigricans* con 64 individuos/m², *A. pinnata* 64 individuos/m², *E. cicutarium* 80 individuos/m², siendo a esta altitud 12 las especies de mayor abundancia.

A los 3900 msnm, las especies de mayor abundancia fueron *P. clandestinum* con 144 individuos/m², *A. pinnata* con 48 individuos/m², *V.littoralis* con 54 individuos/m², *Carex sp.* con 48 individuos/m², *E.pazensis* con 48 individuos/m², *B. andicola* con 48 individuos/m², *T. repens* con 64 individuo/m²s, *M. volcánica* con 32 individuos/m², *J. pallescens* con 96 individuos/m², *E. nigricans* con 32 individuos/m², *A. breviculmis* con 48 individuos/m², *C. hermafroditus* con 80 individuos/m², *A. tribuloides* con 32 individuos/m², siendo 13 las especies de mayor proporción en relación a otras.

Finalmente, a los 3850 msnm las especies de con mayor número de individuos fueron *A. pinnata* con 112 individuos, *G. sessiliflorum* con 48 individuos, *E. linifolius* con 48 individuos, *T. repens* con 48 individuos, *A. tribuloides* con 28 individuos, *B. andicola* con

32 individuos, *G. americana* con 24 individuos, *J. arcticus* con 48 individuos, *R. pilosus* con 32 individuos, siendo 9 especies las que principalmente dominan.

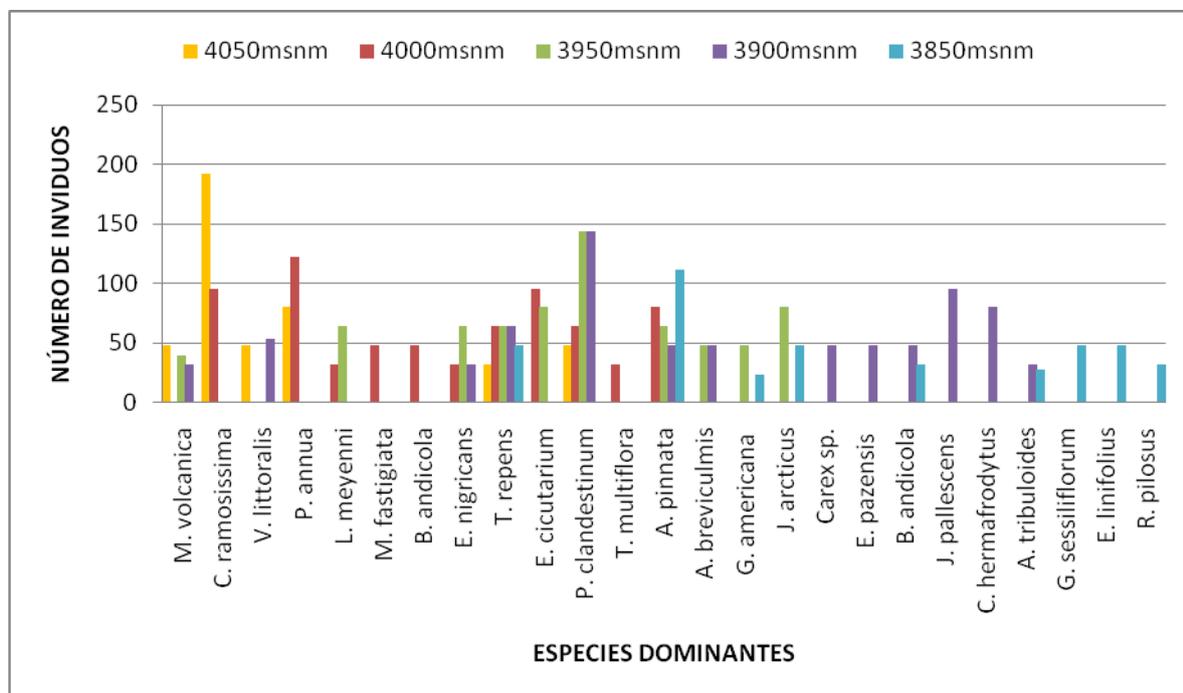


Figura 15. Especies abundantes de flora silvestre registradas a diferentes altitudes en la isla Taquile (noviembre 2010 – febrero 2011).

La Figura 15, indica que la especie *C. ramosissima*, presentó una mayor abundancia a los 4050 msnm, debido tal vez a las condiciones óptimas en las que normalmente crece esta especie, en laderas secas (PESTALOZZI 1998).

Por otra parte, *A. pinnata* fue una de las especies que encontré desde los 4000 hasta los 3850 msnm, una especie ampliamente distribuida por las condiciones favorables que ofrece la isla para su óptimo desarrollo, como la humedad. Al respecto CÁCEDA y RUSSEL (1994), indica que se desarrolla en suelo húmedos al abrigo de algunas matas de chilliwa (*F. dolichophyla*). En los valles altos, crece en los andenes ribereños y al borde de los riachuelos y acéquias, “huchus”, formando un estrato herbáceo, donde vegetan además *Plantago sp.*, *Stachys sp.*, *Rumex sp.* Durante mi evaluación, esta especie estuvo además en asociación con *R. pilosus*, *G. sessiliflorum*, *J. pallescens*, bajo la sombra de *A. pentlandiana*, *B. pentlandii*, *M. setosa* principalmente.

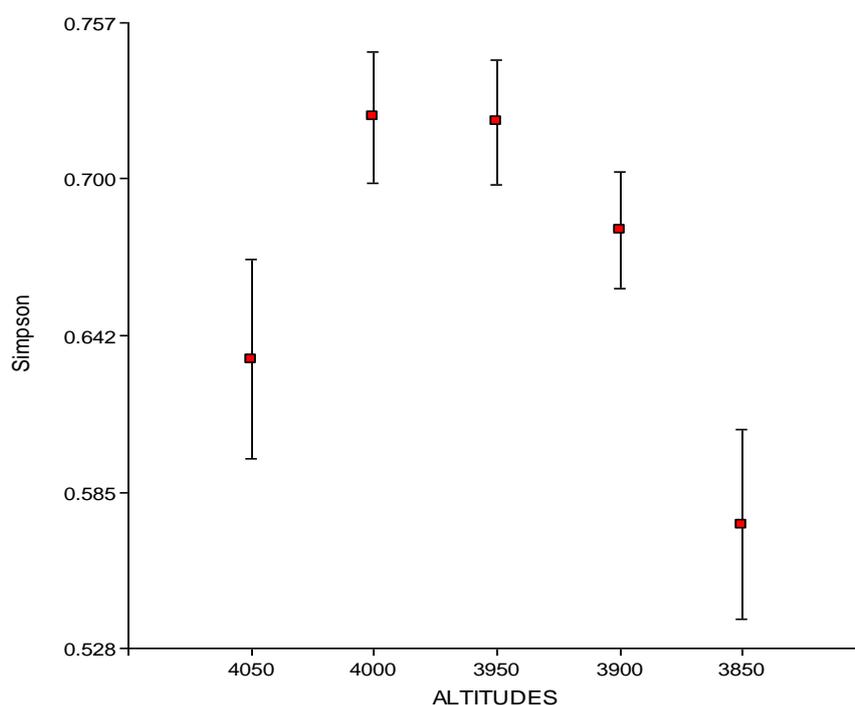


Figura 16. Análisis de contraste para encontrar diferencias de la diversidad de flora silvestre (índice de Simpson) a diferentes altitudes en la isla Taquile (noviembre 2011 – febrero 2011).

La menor diversidad de especies fue a la altitud de 3850 msnm, seguido de 4050, siendo estas dos altitudes las que muestran una significativa diferencia de diversidad en relación a las demás altitudes (Figura 16). Esto indica que a las altitudes de 3850 y 4050 msnm, hubo una mayor dominancia de especies como ya se señaló anteriormente, esta dominancia estuvo enmarcada a 9 y 6 especies, las mismas que fueron señaladas anteriormente.

Por otra parte, para las altitudes de 4000, 3950 y 3900 msnm, la dominancia estuvo representada por 10, 12 y 9 especies respectivamente.

Cuadro 11. Análisis de la diversidad de flora silvestre (índice de Shannon) a diferentes altitudes en la isla Taquile, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
I. Shannon	3850	49	1,71	0,73	1,83	10,67	0,0305
I. Shannon	3900	59	2,10	0,76	2,10		
I. Shannon	3950	51	2,12	0,65	2,18		
I. Shannon	4000	54	2,13	0,64	2,21		
I. Shannon	4050	46	1,95	0,76	2,14		

Los resultados indican diferencia de la diversidad de especies mediante el índice de Shannon entre las diferentes altitudes evaluadas (GL = 4; N = 259; $\alpha = 0,05$; P = 0,0305) (Cuadro 11).

La mayor diversidad registré a los 4000 msnm con un índice de 2,13 en promedio con una máxima de 3,39. La menor diversidad se registra a los 3850 msnm (1,71) tal como en el índice de Simpson resultó, debido a la dominancia de algunas pocas especies.

A la altitud de 4050 msnm las especies *B. simplex*, *C. jodopappa*, *L. meyenni*, *M. pinnatus*, *M. setosa* y muchas otras influyeron en el aumento de la diversidad. A los 4000 msnm las especies *D. montanus*, *G. sessiliflorum*, *C. pazensis*, *M. setosa*, *S. ichu*, *V. littoralis* entre otras influyen en la diversidad de especies. A los 3950msnm las especies *S. tupaeformis*, *A. tribuloides*, *O. corniculata*, *V. littoralis*, *B. incarum*, *M. setosa* y otras son las que influyeron. A los 3900 msnm *G. elegans*, *R. pilosus*, *M. setosa*, *B. incarum*, *T. multiflora*, *G americana*, y finalmente a los 3850 msnm *M. setosa*, *S. ichu*, *C. latiofetolata*, *O. corniculata*, *A. garbancillo*, *B. incarum*, y otras fueron las especies de influencia en la diversidad de especies.

Cuando me refiero a que tuvo influencia en la diversidad para el índice de Shannon, es que esas especies equilibran la abundancia de las especies que dominan, sin olvidar que el índice de Shannon contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia) (MAGURRAN 2001).



Figura 17. Especies de flora silvestre de la isla Taquile: A la izquierda se muestra *Cassia latipetolata* y a la derecha *Oxalis corniculata*.

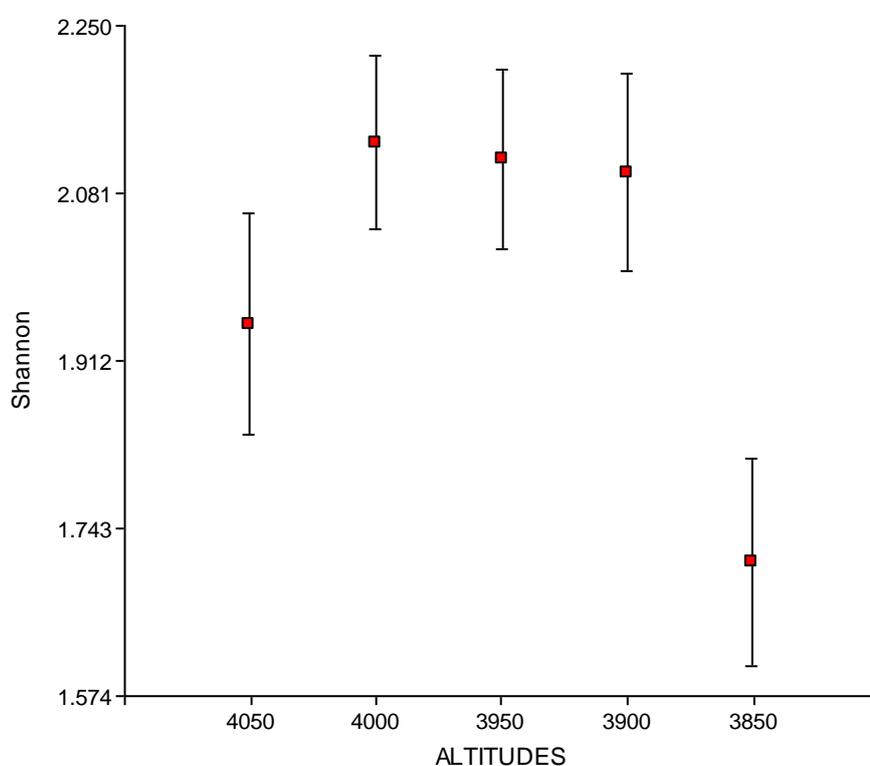


Figura 18. Análisis de contraste para encontrar diferencias de la diversidad de flora silvestre (índice de Shannon) en la isla Taquile a diferentes altitudes (noviembre 2010 - febrero 2011).

A la altitud de 3850 msnm registré la menor diversidad de especies de acuerdo al índice de Shannon, siendo significativamente diferente en relación a las demás altitudes evaluadas (Figura 18). Este resultado es contrario al encontrado por VEGA *et al.* (2008), en su

evaluación al interior del parque nacional Yanachaga Chemillén, donde tanto la riqueza de especies (S) y la abundancia de individuos (N) aumenta considerablemente conforme disminuye la altitud. En Paujil a 400 msnm se encontró $S = 241$ y $N = 738$, en Bocaz a 1600 msnm $S = 160$ y $N = 694$, y finalmente en San Daniel a 2200 msnm $S = 111$ y $N = 650$.

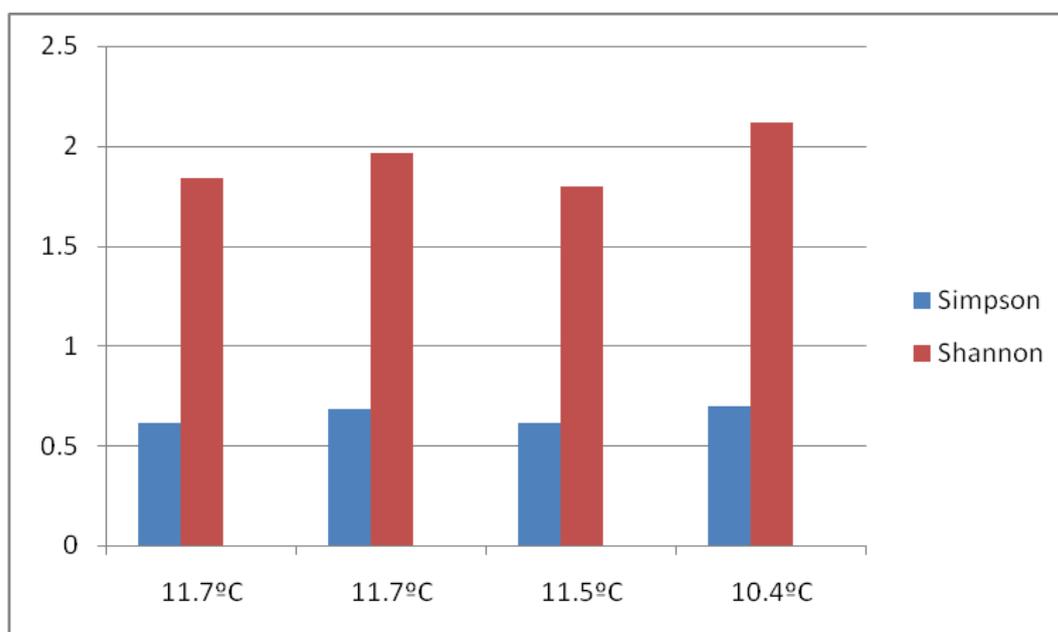


Figura 19. Relación de la temperatura con la diversidad de flora silvestre de acuerdo a los índices de Simpson y Shannon (noviembre 2010 – febrero 2011).

El coeficiente de correlación entre el índice de Simpson y de Shannon con la temperatura fue 0,04 y 0,11 respectivamente, esto implica que la temperatura no influye significativamente sobre la diversidad, habiendo otros factores de mayor influencia. Esta baja correlación, puede deberse al rango de altitud pequeño, y también al efecto termoregulador del lago Titicaca, permitiendo que muchas se desarrollen a rangos de altitud muy por encima de lo normal.

Al respecto GASTON (2000), dentro de estos factores se pueden mencionar los bióticos como la competencia y la depredación y factores abióticos como la precipitación evapotranspiración, altitud y latitud.

En el cerro Chiani, a los 4050 msnm, identifiqué 45 especies (ANEXO, Cuadro 17), siendo las especies *P. verruculosa*, *P. andina*, *O. orecharis* exclusivas a esta altitud. La especie *P. verruculosa* encontré en zonas húmedas bajo el techo de especies como *S. ichu.*, *B. incarum*, coincidiendo con lo que señala PESTALOZZI (1998), crece en zonas de permanente humedad, sin embargo indica que esta planta crece dentro de rocas y grietas. Por otra parte, *O. orecharis* encontré bajo la sombra de *B. incarum* y muchas veces solitaria, PESTALOZZI (1998), al respecto indica que crece en praderas estacionalmente húmedas y en parcelas de descanso ligeramente húmedas.

De otro lado, a los 4000 msnm 43 especies son las que registré. Cabe resaltar que las especies *A. exchremorrisum*, *A. pigmaea*, *B. postrata*, *Zephyrantes sp.*, *S. chilensis* y *E. americana* fueron las que encontré entre las altitudes 4050 y 4000 msnm. Sin embargo CACEDA y ROSSEL (1993), indica que *E. americana* habita en laderas secas pedregosas entre los 3600 a 4000 msnm. La razón por la que encontré a una mayor altitud puede ser la zona en la que se encuentra el cerro Chiani, que es un lugar bajo la influencia del lago Titicaca. La especie, *A. pigmaea* a pesar de su relativa gran distribución fue una de las más raras, habiéndose encontrado poco más de 10 individuos en toda la evaluación, creciendo en lugares estacionalmente húmedos (PESTALOZZI 1998).

A los 3950 msnm registré sólo 32 especies, siendo significativamente bajo en relación a las anteriores altitudes, a pesar de su menor altitud. Esto posiblemente se deba a que en esta zona hay una fuerte presencia de actividades pecuarias, por lo en muchas de las evaluaciones se vio ganado vacuno y ovino pastando a esta altitud. A partir de esta altitud registré a *E. cicutarium* y *A. ramosissima*.

A los 3900 msnm registré 53 especies, de las cuales las especies *V. gramínea*, *G. sessiliflorum*, *S. nitidum*, *C. pumila* fueron las exclusivas a esta altitud, esto no implica de que a una menor altitud no se encuentre. Las especies *V. gramínea*, *G. sessiliflorum*, *C. pumila* son propios de lugares de permanente humedad o sombra, motivo por el cual fue a esta altitud que registré, en vista de que en el cerro existe un pequeño bofedal, alimentado por un ojo de agua que nace de las profundidades de la tierra. Sin embargo CACEDA y ROSSEL (1993), indican que *G. sessiliflorum* puede encontrarse hasta los 4400msnm, tal como se la encontró en el cerro San Francisco de Atuja (Chucuito), siendo para esta especie y para muchas otras el factor humedad determinante para su distribución. Al respecto

VARGAS (2002), indica que la temperatura y humedad son los dos factores que limitan la distribución de la vida sobre la tierra. Así mismo para el caso de *S. nitidum* SOTTA (2000), menciona que esta especie se le encuentra desde los 2500 a 4000msnm, en bordes de caminos, quebradas.

Finalmente, a los 3850 msnm, también registré 53 especies. A esta altitud se hizo presente las especies *B. pilosa*, *B. rapa*, *F. artemisioides*, *G. boliviana*, *R. pilosus*, *S. obtusa*, *P. major*, *R. cuneifolius*. Sin embargo SOTTA (2000), menciona que *F. artemisioides* se encuentra distribuido desde los 2000 a 3500 msnm y a *G. boliviana* se le puede encontrar desde los 3500 a 4000 msnm en suelos arenosos y pedregosos, CACEDA y ROSSEL (1993), indica que *R. pilosus*, abunda en valles interandinos desde los 2500 a 3800 msnm, mientras que en altiplano puneño habita en lugares húmedas, sin embargo, en la evaluación se encontró junto *P. clandestinum* en lugares de baja humedad. El mismo autor indica que *R. brachybrotys* se le encuentra desde los 3500 a 3900 msnm, en laderas pedregosas.

El factor ambiental temperatura, humedad, tipo de suelo fueron tal vez los factores que pudieron haber influido en la limitada distribución de algunas especies, y amplia distribución de otras.

Las especies de mayor distribución es decir que se las encontró a diferentes altitudes fueron *E. huanchahana*, *A. garbancillo*, *B. incarum*, *M. pinnatus*, *A. gilbertti*, *C. artemisiifolia*, *D. montanus*, *C. jodopappa*, *V. littoralis*, *V. microphyla*, *Q. procumbens*. Cabe resaltar que estas especies a pesar de su amplia distribución, fueron más abundantes en determinadas altitudes que en otras, tal como se mencionará posteriormente.

Cuadro 12. Análisis de la riqueza específica de flora silvestre a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
R. específica	3850	8	21,50	4,96	20,5	8,74	0,0661
R. específica	3900	8	23,63	6,25	23,0		
R. específica	3950	8	17,75	3,15	18,0		
R. específica	4000	8	16,63	4,69	16,5		
R. específica	4050	8	21,63	6,19	19,5		

Existe diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas en el cerro Chiani ($GL = 4$; $N = 40$; $\alpha = 0,05$; $P = 0.0661$) (Cuadro 12), en contraste como ya se vio anteriormente, en la isla Taquile no encontré diferencia.

Siendo factores como la precipitación y humedad, actividades pecuarias determinantes en la presencia de mayor o menor número de especies a diferentes altitudes. Adicionalmente FRY (1975), menciona también a la temperatura del aire y sus variaciones entre día y noche, así como entre estaciones son importantes para el desarrollo de la plantas, esta factor adquiere especial importancia en los andes donde los máximos contrastes se originan con las diferencias de altitud.

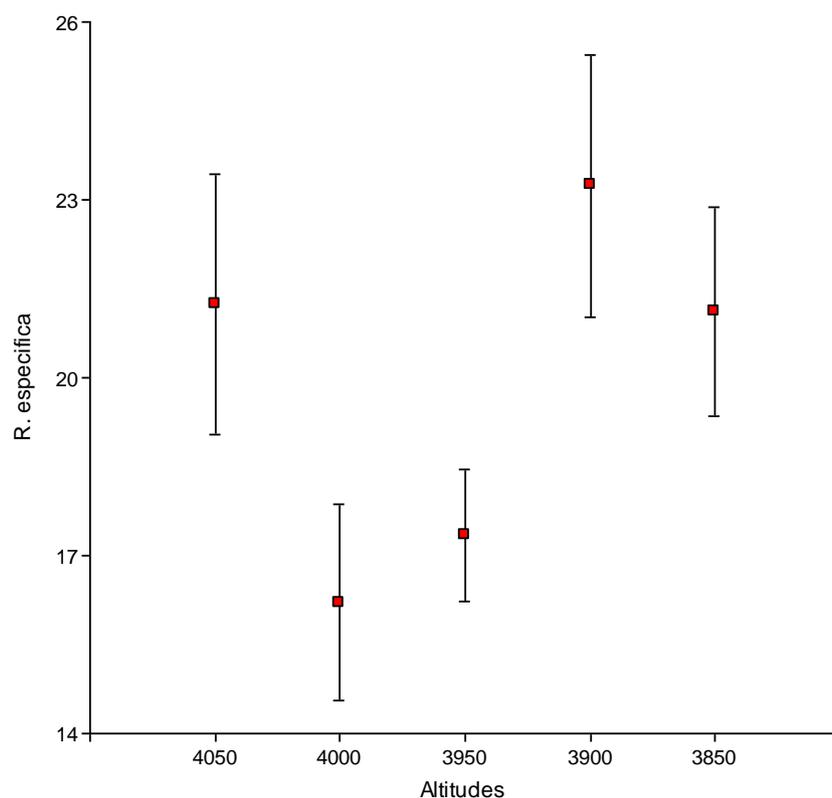


Figura 20. Análisis de contraste para encontrar diferencias de riqueza específica de flora silvestre a diferentes altitudes en el cerro Chiani (noviembre 2010 - febrero 2011).

La mayor riqueza específica se encuentra a los 3900 msnm con una media de 23,63, mientras que la menor riqueza específica a los 4000 msnm con una media de 16,63. Considerando las altitudes de 3850, 3900, 3950 msnm hay una tendencia de una disminución de la riqueza específica a medida que incrementa la altitud, sin embargo, a los 4050 msnm hay un notable incremento de la riqueza específica, pudiendo haber influido los meses en los que se hizo la evaluación, la precipitación que pudo haber tenido una mayor influencia en la aparición de nuevas especies a los 4050 msnm que a menores altitudes (Figura 20). Los resultados son diferentes a los encontrados por SANCHEZ et al. (1999) en el que en su estudio sobre diversidad de plantas silvestres a diferentes altitudes en la quebrada del cerro Huaje – Puno, demuestra como resultado de su evaluación que se encontraron 20 especies de plantas silvestres y aceptan su hipótesis que a mayor altitud, existe una menor cantidad de especies de flora silvestre.

Cuadro 13. Análisis de la diversidad de flora silvestre (índice de Simpson) a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOSTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
I. Simpson	3850	34	0,68	0,16	0,71	3,46	0,4845
I. Simpson	3900	36	0,69	0,18	0,71		
I. Simpson	3950	33	0,68	0,13	0,70		
I. Simpson	4000	30	0,69	0,17	0,69		
I. Simpson	4050	44	0,73	0,20	0,64		

Los resultados indican que no existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson, entre las diferentes altitudes evaluadas en el cerro Chiani (GL = 4; N = 177; $\alpha = 0,05$; P = 0.4845) (Cuadro 13).

Entonces, no puedo afirmar que a mayor altitud disminuye la diversidad, siendo resultados contrarios a los encontrados por SANCHEZ *et al.* (2009), en el que su estudio concluye que a mayor altitud, existe una menor cantidad de especies de planta silvestre

Es preciso mencionar que especies arbustivas como *A. gilbertti*, *B. incaru*, tuvieron una mayor presencia desde los 3850 hasta los 3950msnm, habiendo una notable disminución de su presencia a partir de los 3950msnm. Asimismo, *C. jodopappa* mostró claramente dominante sobre otras entre los 3950 y 4000 msnm, disminuyendo notablemente a partir de dicha altitud. Finalmente *M. pinnatus* y *S. ichu* muestra su notable presencia a partir de los 4000msnm hasta los 4050 y más, tal como lo menciona CACEDA y ROSSEL (1993), crece en lugares pedregoso, arenosos, quebradas desde los 3800 hasta los 4800 msnm.

Entonces, a comparación de la isla Taquile, en el cerro Chiani se observa una notable estratificación, donde las especies arbustivas disminuyen a medida que incrementa la altitud, siendo remplazada por especies adaptadas a climas más secos, como es el caso de *C. jodopappa*, que por la característica de sus hojas; albo tomentosas, le permiten una menor pérdida de agua por la transpiración, al igual que el caso de *M. pinnatus*, una especie que reemplazó muchas de sus hojas en espinas, las mismas que evitan la pérdida de agua.

Sin embargo, a los 4050 msnm, las especies de mayor abundancia fueron *E. huanchahana* con 48 individuos/m², *M. pinnatus* con 48 individuos/m², *S. ichu* con 32 individuos/m², *M. volcánica* con 32 individuos/m², *O. andicola* con 30 individuos/m², *C. artemisiifolia* con 48 individuos/m², *L. lysimachioides* con 24 individuos/m², *N. andicola* con 32 individuos/m², *P. verruculosa* con 48 individuos/m², *E. raphanorryza* con 48 individuos/m². Cabe resaltar que la dominancia de las especies mencionadas fue estacionalmente, es decir influyó mucho la precipitación, tal como se verá con posterioridad, siendo 10 especies los que principalmente dominaron.

A 4000 msnm las especies de mayor dominancia fueron *M. pinnatus* con 33 individuos/m², *M. volcánica* con 45 individuos/m², *S. ichu* con 32 individuos/m², *E. huanchahana* con 98 individuos/m², *E. pazensis* con 48 individuos/m², *Q. procumbens* con 48 individuos/m², *T. repens* 64 individuos/m², *C. artemisiifolia* con 22 individuos/m², *P. clandestinum* con 32 individuos/m², *V. microphyla* con 32/m², *T. multiflora* con 124 individuos/m², *A. exchremorrisum* con 45 individuos/m², *L. lysimachioides* con 48 individuos/m², *E. raphanorrrhyza* con 48 individuos/m², entonces 14 especies dominaron.

A los 3950 msnm, las especies más dominantes fueron *O. andicola* con 48 individuos/m², *C. artemisiifolia* con 32 individuos/m², *M. fastigiata* con 48 individuos/m², *H. mandoneana* con 22 individuos/m², *P. clandestinum* con 32 individuos/m², *E. cicutarium* con 80 individuos/m², *C. artemisiifolia* con 32 individuos/m², *D. montanus* con 48 individuos/m², entonces dominaron 8 especies principalmente.

A los 3900 msnm *C. artemisiifolia* con 32 individuos/m², *A. garbancillo* con 17 individuos/m², *H. mandoneana* con 48 individuos/m², *D. montanus* con 32 individuos/m², *B. andicola* con 48 individuos/m², *M. volcánica* con 48 individuos/m², *P. clandestinum* con 104 individuos/m², *O. corniculata* con 32 individuos/m², *A. pinnata* con 64 individuos/m², *J. arcticus* con 80 individuos/m², *Werneria sp* con 64 individuos/m², *T. repens* con 48 individuos/m², *O. andicola* con 32 individuos/m², *E. raphanorrrhyza* con 32 individuos/m², fueron las especies más abundantes en relación a otras, siendo 14 especies de mayor proporción.

Finalmente a los 3850 msnm, *P. clandestinum* con 48 individuos/m², *T. repens* con 48 individuos/m², *A. breviculmis* con 48 individuos, *C. artemisiifoolia* con 32 individuos, *Galium sp* con 64 individuos, *A garbancillo* con 32 individuos, *T. amabile* con 64

individuos las especies de mayor abundancia, entonces a esta altitud la dominancia estuvo representado por 7 especies principalmente. VARGAS (2002) en su evaluación de diversidad de flora silvestre hecha en las comunidades de Siale, Chillora y San Cristoba, ubicadas a 3820msnm, indican la presencia de 76 especies con un promedio de 294ind/m², siendo la especie con mayor tamaño poblacional *Juncus balticus* y la especie con menor tamaño poblacional fue *Eupatorium gilbertii*. En la comunidad de Chillora encontró 73 especies con un promedio de 225ind/m², la especie con mayor y menor tamaño poblacional fueron *Poa specífera* y *Urtica sp.* respectivamente. En la comunidad de San Cristobal presentó el menor promedio tanto en el número de especies como de individuos: 63 especies y un promedio de 178ind./m², siendo *Juncus balticus* la de mayor tamaño poblacional.



Figura 21. Dos de las especies de flora silvestre de mayor distribución y abundancia en el cerro Chiani. A la izquierda se muestra *H. mandoneana* y a la derecha *E. raphanorrhiza*.

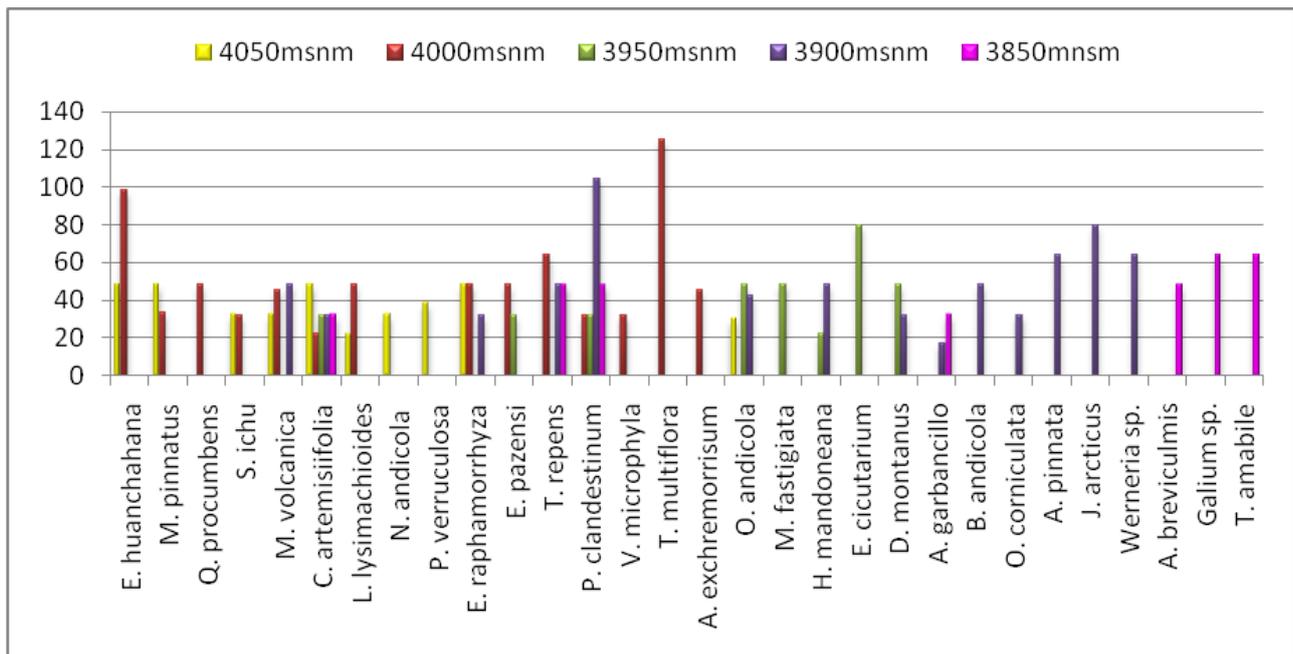


Figura 22. Especies abundantes de flora silvestre registradas a diferentes altitudes en el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

La especie de mayor abundancia fue *T. multiflora* a los 4000 msnm, seguido de *P. clandestinum* y *E. huanchahana* a los 3900 msnm y 4000 msnm respectivamente. La especie *C. artemisiifolia* fue casi igualmente dominante en todas las altitudes de evaluación, al igual que *P. clandestinum*. Las otras especies tienen una clara dominancia a determinadas altitudes, disminuyendo notablemente su abundancia a otras altitudes (Figura 22). Por ejemplo *L. lysimachioides* se le encuentra en mayor abundancia a los 4050 y 4000 msnm, coincidiendo con lo indicado por CACEDA y ROSSELL (1994), esta especie se ha encontrado solamente en el Altiplano, en las laderas cerros como Huaje a los 3900 msnm y en la provincia de Putina a los 4200 msnm. Así mismo, para el caso de *T. multiflora* CACEDA y ROSSEL (1993), menciona que es una hierba muy frecuente desde las orillas del lago Titicaca hasta las quebradas de la Puna desde los 3810 a 4000 msnm, siendo en mi evaluación abundante a los 4000 msnm, sin dejar de mencionar que también se le encontró a menores altitudes pero en menor proporción.

Cuadro 14. Análisis de la diversidad de flora silvestre (índice de Shannon) a diferentes altitudes en el cerro Chiani, aplicando la prueba Kruskal Wallis con el software INFOTAT (noviembre 2010 – febrero 2011).

Variable	Altitudes	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
I. Shannon	3850	49	2,09	0,60	2,20	3,75	0,4406
I. Shannon	3900	59	2,24	0,66	2,16		
I. Shannon	3950	51	2,12	0,47	2,14		
I. Shannon	4000	54	2,16	0,61	2,09		
I. Shannon	4050	46	2,33	0,54	2,33		

Al igual que en el caso anterior, no existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Shannon ($GL = 4$; $N = 177$; $\alpha = 0,05$; $P = 0.4406$) (Cuadro 14), en contraste con la isla de Taquile donde si se encontró diferencia.

Sin embargo, de acuerdo a las medias la mayor diversidad se encuentra a los 4050 msnm, con un índice de 2,33, tal vez debido a que esta altitud se da la presencia de especies como *Zephyrantes sp.*, *A. pigmaea*, *E. maximiliana*, *S. chilensis*, *O. oreocharis* y otras que por su número de individuos y limitada distribución pudieron influir en la diversidad.

La menor diversidad según el índice de Shannon es a la altitud de 3850 msnm, siendo un resultado contrario al encontrado por VEGA *et al.* (2008) y VARGAS (2002), en el que ambos afirman que la mayor diversidad se encuentra a medida que disminuye la altitud.

Esta menor diversidad, puede deberse a que a esta altitud fueron sólo 7 las especie de mayor abundancia, de manera que hubo una menor equidad de distribución de las especies, puesto que el índice de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (MAGURRAN 1998).

La riqueza de especies a través de gradientes altitudinales permite conocer cómo funcionan las comunidades a diferentes altitudes, debido a que en elevaciones menores existe una mayor superficie potencial y a mayor altitud la temperatura es menor y esto trae consigo que exista una menor cubierta vegetal que en las zonas bajas para el establecimiento de las especies (BROWN 2001). De acuerdo a esto, no implica que a mayor altitud disminuya la riqueza de especies, algo que no se encontró en el cerro Chiani, puesto que las especies de

mayor altitud tienen adaptaciones fisiológicas que les permite desarrollarse a bajas temperaturas, sin embargo no tienen una alta cobertura como lo que se encontró a menores altitudes.

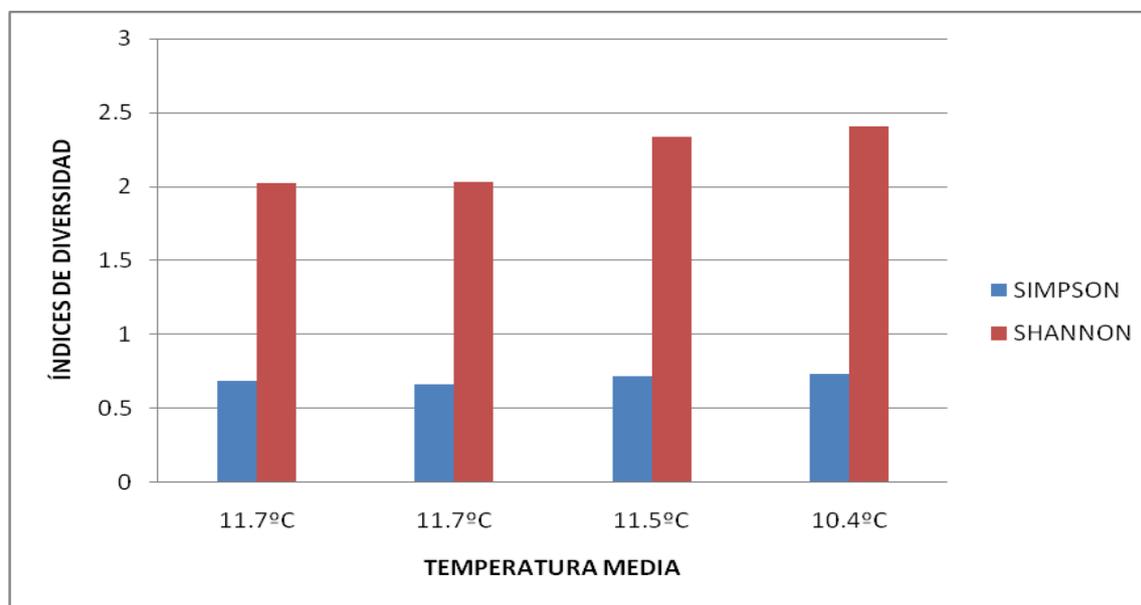


Figura 23. Relación de la diversidad de flora silvestre según los índices de Simpson y Shannon con la temperatura en el cerro Chiani, (noviembre 2010 – febrero 2011).

Los índices de correlación entre el índice de Simpson y Shannon con la temperatura fueron 0,24 y 0,33 respectivamente, lo que implica que la temperatura ejerció baja influencia en la diversidad de especies. La razón por la que no se vio el efecto de la temperatura tal vez se deba a los meses de evaluación, donde no hubo un cambio importante de la temperatura, además debido al bajo área de muestreo. Sin embargo, cabe resaltar que en comparación con la isla Taquile, la temperatura tuvo una mayor influencia sobre la biodiversidad en el cerro Chiani.

Tal como se vio anteriormente, la hipótesis planteada se rechaza, puesto que en las dos zonas de evaluación, la diversidad de especies y la riqueza específica, no disminuye conforme la altitud incrementa. Este resultado puede estar justificado por el efecto termorregulador del lago, principalmente, y en segundo lugar a la topografía y tipo de suelos. Así, en la isla Taquile, existe una mayor diversidad en la zona intermedia, mientras que en el cerro Chiani, de acuerdo a las medias es los extremos del cerro donde se registró

una mayor diversidad y riqueza de especies. En esta última, las actividades agropecuarias influyeron en los resultados encontrados. Así mismo, dependiendo del grupo taxonómico se observa una relación inversa entre la riqueza de especies y la altitud o una mayor riqueza a altitudes intermedias, algo que se observa en la isla Taquile principalmente.

Al respecto LOZA *et al.* (2010), en su evaluación de la composición florística en relación a la elevación en el bosque montano boliviano, encuentra como resultados que la diversidad florística no fue explicada por la elevación, pero la riqueza posiblemente influenciada por el incremento del número de individuos mostró una significativa relación positiva con la elevación. La composición florística si cambió en relación a la elevación, ya que a lo largo del gradiente aparecen y desaparecen familias, géneros y especies. El índice alfa Fisher se observó una leve tendencia directamente proporcional, a medida que aumenta la elevación la diversidad aumenta. De otro lado, de acuerdo a la riqueza de especies mostró un incremento en el número de especies conforme aumenta la elevación.

En los Andes existe una relación entre el número de especies por área mínima (el área que abarca la mayoría de especies de la comunidad) y la altitud (o temperatura media anual) en los lados exteriores de la cordillera Oriental y occidental, con alta pluviosidad desde la base; la diversidad disminuye desde la base hasta arriba. En las vertientes interiores de las tres cordilleras del norte andino, hacia los valles interandinos relativamente secos el patrón es algo diferente. En estos casos la distribución altitudinal de la diversidad debe ser el resultado de la relación positiva con dos factores climáticos: la precipitación y la temperatura (VAN DER HAMMEN y RUIZ 1984). Entonces tal vez si se hiciera un análisis en bloques se podría determinar una mayor influencia de la temperatura ambiental y la altitud sobre la diversidad de especies.

Objetivo específico 3: Evaluación de la abundancia proporcional de especies de flora silvestre, en la isla Taquile y el cerro Chiani en relación a la precipitación pluvial.

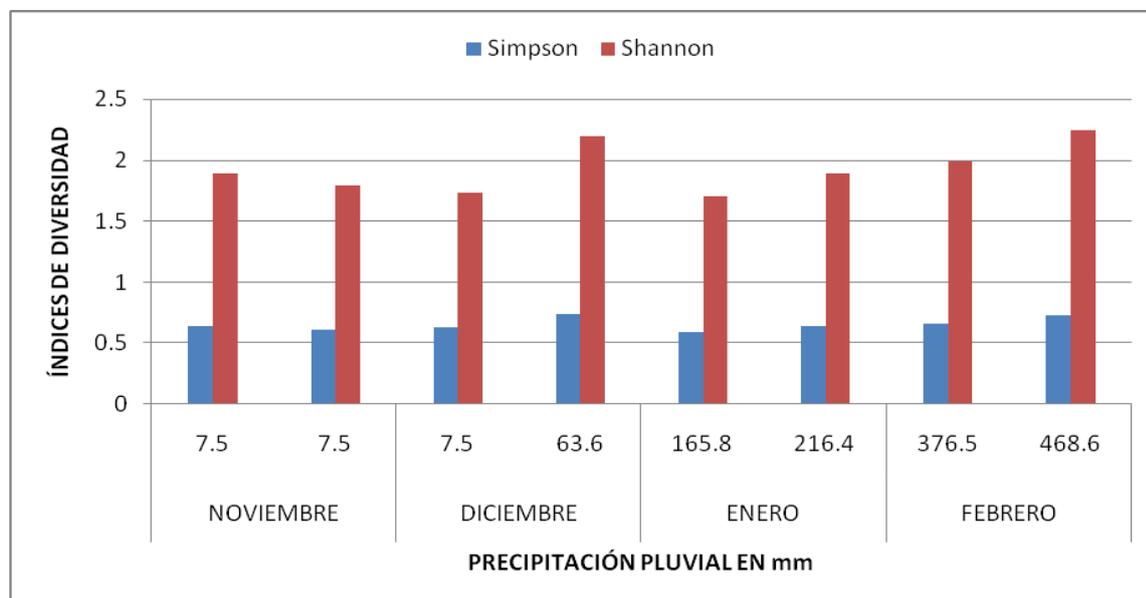


Figura 24. Relación de la diversidad de flora silvestre según los índices de Simpson y Shannon con la precipitación pluvial en la isla Taquile (noviembre 2010 – febrero 2011).

El coeficiente de correlación entre la diversidad de especies según el índice de dominancia de Simpson y la precipitación pluvial fue $r = 0,47$, resultado que indica que el 47% del incremento del número de especies y principalmente de los individuos se debe a la precipitación, habiendo factores como la humedad, temperatura, vientos y sobre todo el efecto termorregulador del lago Titicaca que también influyen. Al respecto, KREBS (1986) indica que el agua, sola o junto con la temperatura, probablemente sea el más importante de los factores físicos que afectan a la ecología de las organizaciones terrestres. Las plantas se ven afectadas tanto por los niveles del agua del suelo, como por la humedad del aire existente en los alrededores de la superficie de su asentamiento.

Especies como *C. elliptica*, *J. pallescens*, *S. tupaeformis*, *H. neoherrerae*, *V. petflansi*, *C. hermafroditus* entre otras, tuvieron un notable incremento en el número de individuos. Así en el caso de *V. petflansii*, a partir del mes de enero con una precipitación mensual de 153mm el número de individuos incrementó desde 1 hasta 8 individuos /m², mientras que

para *S. tupaeformis* incrementó desde 1 hasta 9 individuos/m². Por otra parte, *C. elliptica* sólo se identificó a partir de enero, estando ausente en noviembre y diciembre.

De otro lado, la precipitación pluvial indudablemente influyó en el desarrollo vegetativo de muchas de las especies como es el caso *C. hermafrodytus* cuya floración es desde enero hasta marzo (PESTALOZZI 1998). Así mismo, el mismo autor señala que *B. dulcis* florece desde diciembre a enero. Sin embargo, en la evaluación fue recién a partir de enero que se le vio florecer.



Figura 25. A la izquierda *Commelina elliptica*, especie que aparece en enero, y a la derecha *Lupinus chlorolepis*, cuya floración se dio a partir de enero.

Para el caso de la correlación de la diversidad según el índice de Shannon y la precipitación, el coeficiente de correlación fue $r = 0,56$, existiendo una alta asociación entre estas dos variables, debido principalmente al incremento de ciertos individuos que en meses de baja precipitación estuvieron notablemente ausentes, y en los meses lluviosos (enero y febrero) incrementaron su población, mientras que otras especies empezaban a surgir. Lo anterior debido a que el índice de Shannon considera además de la riqueza específica y la abundancia de especies.

Esta baja asociación de la diversidad con la precipitación queda explicado por lo señalado por ROSENZWEIG (1968), quien indica que la explicación de la distribución de las especies en donde a latitudes cercanas al ecuador la disponibilidad del agua es el factor que

mejor explica la distribución de las especies, mientras a latitudes altas es la energía y para las intermedias se da la combinación de ambas.

Sin embargo, CALLE (2007), en la evaluación de la diversidad de un humedal en Ayaviri, en una zona húmeda y en otra seca, muestra valores elevados en cuanto al índice de biodiversidad de Shannon de 54,9 % y 40,63% en la zona seca, indicando que en la zona seca existe mayor diversidad de especies forrajeras, esto probablemente se deba a que el muestreo efectuado en la zona húmeda fue efectuado solamente en el contorno del área, por la dificultad de ingresar más hacia adentro debido a factores como lluvia, fango en la zona etc., que imposibilitaron la toma de muestras más homogénea.

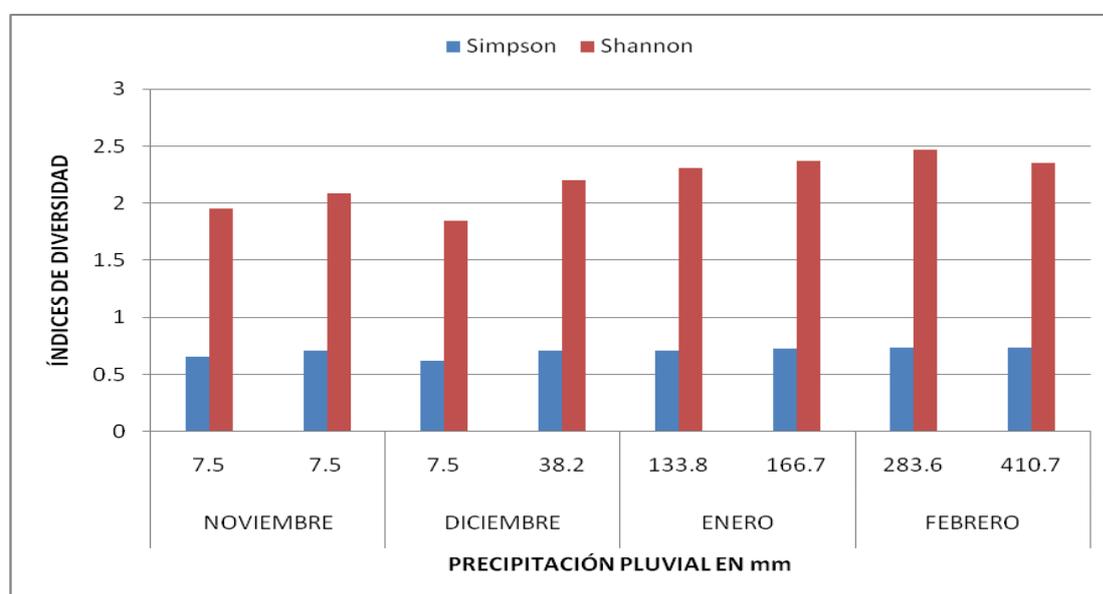


Figura 26. Relación de la diversidad de flora silvestre según los índices de Simpson y Shannon con la precipitación pluvial en el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

El coeficiente de correlación encontrada entre la diversidad según el índice de Simpson y la precipitación fue $r = 0,53$, siendo relativamente diferente al encontrado en la isla Taquile ($r = 0,47$). Entonces, hay una mayor influencia de la precipitación sobre la diversidad según el índice de dominancia de Simpson, en la medida de que mientras algunas especies empiezan a disminuir en su abundancia, otras nuevas van surgiendo e incrementando su tamaño poblacional.

Así, el caso de *E. huanchahana*, especie cuya abundancia disminuyó notablemente cuando empezaron a aumentar las precipitaciones, así en diciembre se pudo encontrar hasta 48 individuos/m², mientras que en enero simplemente no se le encontró, sobretodo a la altitud de 4050msnm. Del mismo modo *Zephyrantes sp.*, se les registró hasta diciembre, coincidiendo con PESTALOZZI (1998), que indica que es una especie que crece en laderas secas con escasa vegetación. Florece en primavera, principalmente de septiembre a noviembre, a veces también enero. De otro lado, especies como *H. mandoneana* empezaron a aumentar en el número de individuos, encontrándose desde 5 individuos/m² en diciembre donde la precipitación fue 143mm, hasta 32 individuos/m² en el mes de febrero con una precipitación de 304mm.

Por otra parte, *P. verruculosa* registré a partir de enero cuando empezaron las altas precipitaciones, floreciendo desde diciembre a febrero, estando notablemente incrementada su tamaño poblacional a partir de dicho mes (PESTALOZZI 1988).

Finalmente la el coeficiente de correlación dela diversidad según el índice de Shannon y la precipitación pluvial fue $r = 0,57$, indicando que 57 % del incremento de la diversidad se debe al incremento de la precipitación, influyendo otros factores como la humedad, temperatura, radiación solar en el incremento de la diversidad.

Igualmente no es una asociación como la que se esperada en una zona continental, y es que en tiempos mas recientes el estudio de los patrones de diversidad involucran los factores climáticos, briogeográficos y ecológicos, como también los modelos estadísticos que intentan demostrar que los patrones observados en la naturaleza, como la relación del número de especies y el área de distribución, no solo son resultados de procesos como la competencia o heterogeidad ambiental sino también del producto de eventos aleatorios (RODRIGUEZ y VASQUEZ – DOMINGUEZ 2003).

Así mismo, GENTRY (1986), indica que para las selvas y bosques de la zona tropical, existe una relación positiva entre el número de especies fanerógamas y la precipitación de las lluvias. Por lo tanto, la asociación de la diversidad de flora con la precipitación, no es la misma como la que se espera en zonas boscosas.

V. CONCLUSIONES

Objetivo específico 1.

- a. Para el caso de riqueza específica registré un total de 118 especies en las dos zonas de estudio, pertenecientes a 45 familias. No encontré diferencia de la riqueza de especies entre la isla Taquile y el cerro Chiani ($P = 0,3417$), registrándose 94 especies en Taquile y 93 en Chiani.
- b. No existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson entre las dos zonas de estudio ($P = 0,1120$). Encontré 0,66 y 0,7 de índice de Simpson en Taquile y Chiani respectivamente. Según el índice de Shannon si existe diferencia de diversidad entre las dos zonas ($P < 0,0001$), siendo la media 1,93 y 2,20 en Taquile y Chiani respectivamente.
- c. Existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson y Shannon entre los meses evaluados ($P < 0,0001$) y ($P < 0,0001$), habiendo una mayor diversidad en febrero y la menor diversidad en noviembre.

Objetivo específico 2.

- a. En la isla Taquile no existe diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas ($P = 0,1504$), sin embargo si encontré diferencias de la diversidad con los índices de Simpson $P = (0,0042)$ y Shannon ($P = 0,0305$). La mayor diversidad encontré a los 4000, 3950 y 3900 msnm, mientras que a las altitudes de 3850 y 4050 msnm la diversidad fue menor. El coeficiente de correlación entre la diversidad y la temperatura 0,4 indican una baja asociación entre ambas variables, de manera que la temperatura no influye mucho en la variación de la diversidad.
- b. En el cerro Chiani si existe diferencia de la riqueza de especies a las diferentes altitudes evaluadas ($P = 0,0661$), habiendo mayor riqueza a las altitudes de 4050, 39000 y 3850 msnm, y una menor riqueza a los 4000 y 3950 msnm. De otro lado no existe diferencia de la diversidad de especies según el índice de Simpson ($P = 0,484$) y Shannon ($P = 0,4406$). El coeficiente de correlación entre la diversidad y la

temperatura 0,24 indican una baja influencia de la temperatura sobre la biodiversidad. Esto tal vez se deba al pequeño área de evaluación.

Objetivo específico 3.

- a. En la isla Taquile el coeficiente de correlación entre el índice de Simpson y Shannon con la precipitación mostraron un 47 y 56% de asociación, siendo la precipitación un factor poco importante en la variación de la diversidad de especies.
- b. En el cerro Chiani el coeficiente de correlación entre el índice de Simpson y Shannon con la precipitación mostraron un 53 y 57% de asociación, siendo mayor a lo encontrado en la isla Taquile.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el tamaño del área de evaluación a fin de encontrar una mayor asociación entre los factores ambientales y la diversidad de especies.
- Se recomienda hacer una evaluación de flora en un mayor tiempo, para analizar un mayor o menor efecto de la precipitación, sobretodo en zonas de islas.
- Hacer una evaluación de medición de la diversidad beta temporal, para analizar recambios de las especies a diferentes grados de precipitación pluvial.

VII. LITERATURA CITADA

- ARTETA, M.; CORRALES, M.; DÁVALOS, C.; DELGADO, A.; SINCA, F.; HERNANI L.; BOJÓRQUEZ J. 2006. Plantas vasculares de la bahía de Juli, Lago Titicaca, Puno – Perú. Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Ecología Aplicada Vol. 5. Lima - Perú.
- BARAJAS, G. C. 2005. Evaluación de la diversidad de flora en el campus Juriquilla de la UNAM. Centro de Geociencias, UNAM.
- BÉJAR, L. 1996. Flora de los bosques de *Polylepis* sp. En tres localidades del Valle Sagrado de los Incas. Seminario Curricular. Facultad de Ciencias Biológicas. UNSAAC.
- BEWLEY, J.D. y BLACK, M. 1982. Physiology and bioquemestry of sedes in relation to germination. V. 2. Viability, dormancy and environmental control. Berlín, Springer – Verlag. 375p.
- BRAKO L. and JAMES L. 1993. Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Missouri Botanics Garden.
- BROWN, H. J. 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. Global ecology and biogeography., 10: 101 – 109.
- CACEDA, D.F. y RUSSEL, F. J. 1994. Flora medicinal nativa y cosmovisión campesina en comunidades de Puno. Tomo II. Universidad Nacional del Altiplano Puno. 155pp.
- CALLE, C.L. 2007. Biodiversidad de plantas silvestres en dos zonas (húmeda y seca) de la Moya de Ayaviri. Maestría en Ganadería Andina. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Altiplano. Perú. Revista electrónica de Veterinaria. Vol. 8. Pp29.
- CANALES, G. A. y SARMIENTO, M. A. 1997. Biodiversidad de flora silvestre en dos zonas del Altiplano (Chucuito y Chinchero) Puno, Perú. Revista de Investigación N°3. Pp 37 – 42.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE (CIRNMA) y CENTRO DE DESARROLLO AGRARIO Y FORESTAL (CEDAFOR). 2001. Diagnóstico e inventario de los recursos naturales de flora y fauna. Proyecto de la

- conservación de la biodiversidad – en la cuenca del Lago Titicaca – Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa TDPS.
- COLWELL, R. K. and CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating the extent of terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. (B)*, 345:101–118.
- COLWELL R.K., MAO C.X. y CHANG J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717–2727.
- CONDORI, R.E., GALVÁN, L. P. y FLORES, N. C. 2002. Diversidad de flora silvestre en la Isla Taquile, Puno, Perú. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- DE LA CASA, A. y OVANDO, G. 2006. Relación entre la precipitación e índices de vegetación durante el comienzo del ciclo anual de lluvias en la provincia de Córdoba, Argentina. *Revista de investigaciones agropecuarias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Vol. 35. Pp 67-85.*
- GASTON, J. K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, vol. 15: 220 – 227.
- FERNÁNDEZ, J.M. y MORICI, P.C. 2002. *Ecología Insular. Island ecology. Asociación española de ecología terrestre. Pp 437.*
- FRANCISCO-ORTEGA, J. y SANTOS, A. 2001. Genes y conservación de plantas vasculares. *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación. Pp. 357 – 365. Ed. Turqueza Santa Cruz de Tenerife.*
- FRY. 1995. *Sistemas de producción tradicionales y su papel como refugio de la diversidad genética de los cultivos Clades 103pp.*
- GENTRY, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*, 15:1-54.
- HERRERA, J. y ALIZAGA, R. 1995. Efecto de la temperatura sobre la germinación de la semilla de China (*Impatiens balsamina*). *Centro de Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Agronomía Costarricense 19(1): 79-84.*
- HEYWOOD, V.H. 1985. *Las plantas con flores. Ed. Reverté. España. 329p.*
- KOLFF, K. y KOLFF, A. 1997. *Flores silvestre de la cordillera blanca. Edición Adriana Soldi. 284pp.*

- KREBS, CH. J. 1986. *Ecología. Análisis experimental de la distribución y la abundancia*. Edit. Pirámide S.A. Madrid, España. 782pp.
- KREBS, C. 1999. *Ecological Methodology*, 2da. Edition, Adison Wesley, London.
- LOZA, I. MORALES, M. R. JORGENSEN, P. M. 2010. Variación de la diversidad y composición florística en relación a la elevación en un bosque montano boliviano (PNANMI Madidi). *Ecología en Bolivia* 45 (2): 87 – 100.
- LLORENTE, B. y MORRONE, J.J. 2001. *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, concepto, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencia. UNAM. México D.F.
- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. 192pp.
- MAGURRAN, A. 2001. *Ecological diversity and its measurement*. 41 – 42 pp.
- MARCELO, P. J.; REYNEL R. C.; ZEBALLOS P. P.; BULNESS S. F y PÉREZ O. A. 2007. Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Ecología Aplicada* vol. 6: 10 – 22 pp.
- MAYR, E. 1967. The challenge of islands fauna. *Australian Natural History* 15: 3359-374.
- MERCADO, S. 2000. *Índices de integridad biótica de aproximación a su desarrollo. Diversidad biológica de ríos y arroyos del centro de México: Bases para su conocimiento y conservación*. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Referenciada. 28/05/2009.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MINAM). 2010. *Guía de evaluación de la flora silvestre*. Dirección General de Evaluación Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. 49pp.
- MORENO, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M y T Manuales y tesis SEA, vol. 1.
- MORENO, M. 2002. *Botánica y evolución*. *Arbor* 172: 59 – 99.
- MURILLO, C. L. 2002. *Medición de biodiversidad alfa y beta en dos tipos de vegetación del Parque Nacional Montecristo, El Salvador*. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. Honduras. Pp77.

- PEET, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**: 285-307.
- PEET, R. K. 1975. Relative diversity indices. *Ecology*, **56**: 496-498.
- PRIMACK, R. B. y ROS, J. 2002. Introducción a la biología de la conservación. Segunda edición. Editorial Ariel, S.A. España.
- RICHMAN, A. D. CASE, T. J. y SCHWANER, T. D. 1998. Natural and unnatural extinction rates of reptiles on islands. *Amer. Natur.* 131: 611 – 630.
- RINCÓN, C.A. y DE SILVA, L.C. 1993. Evaluación de variedades de ajonjolí *Sesamun indicum* L. en época de lluvia en la mesa de Guanipa, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela. *Agronomía Tropical* 43 (3 – 4): 127 – 143 pp.
- RODRIGUEZ, P. y VASQUEZ – DOMINGUEZ, E. 2003. Escala y diversidad de especies. En: Monrrone J. J. y J. Busts (eds). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Facultad de ciencias UNAM. México. 109 – 144p.
- SANCHEZ, F., VICENTE, A., CRUZ, J., SÁNCHEZ, J., DURÁN, A., QUISPE, U. 1999. Biodiversidad de plantas silvestres a diferentes altitudes en la quebrada del cerro de Huaje, Puno. ANCA S.A. Impresiones Puno – Perú. 48pp.
- SERVAT, G. P.; MENDOZA, C.W. y OCHOA, C. J. 2002. Flora y fauna de cuatro bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en la cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú). Universidad Nacional Agraria La Molina. *Ecología Aplicada* Vol. 1 pp 25 – 35.
- ROSENZWEIG, M. L. 1968. Net primary productivity of terrestrial environments predictions from climatological data. *American naturalist* 102: 67.84p.
- SMITH, E.P. 2002. “Ecological Statistics,” *Encyclopedia of Environmetrics* 2, 589-602. (eds Abdel H. El-Shaarawi and Walter W. Piegorsch) John Wiley y Sons. New York. 197.
- SMITH, R. L. y SMITH, T.M. 2004. *Ecología*. 4ta edición. Pearson Eucación, S.A. Madrid, España. 642pp.
- SPELLERBERG, I. F. 1991. *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, UK, 334 pp.
- SUGG, D. 1996. *Measuring Biodiversity*. State University of New York at Geneseo.

- SUSANNA, A., GARNATJE, T. y GARCÍA – JACAS, N. 1999. Molecular phylogeny of *Cheirolophus* (Asteraceae: Cardueae – Centaureinae) based on ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. *Pl. Syst. Evol.* 214: 147-160.
- TORREZ, S. H. 1998. La diversidad biológica y su conservación en América del Sur. UICN. Gland. 120p.
- TUOMISTO, H. K. RUOKOLAINEN, y YLI-HALLA, M. 2003. Dispersal, Environment and Floristic Variation of Western Amazonian Forests. *Science* 299: 241-244.
- VAN DER HAMMER & RUIZ, P. M. 1984. La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), transecto Buriticá. La Cumbre. *Estudios de ecosistemas Tropandinos* 2; 203 pp. J. Cramer (Borntraeger), Berlín – Stuttgart.
- VARGAS, M. M. 2002. Evaluación de la diversidad de flora Silvestre en tres comunidades del distrito de Capachica – Puno en época seca. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas UNA-PUNO Pp 79.
- VEGA, M.S.; GALLARDO, M.E.; HERNANI, L.; ALDAVE, M.M.; HUMAN, A. LUZ, M.A.; URETA, M.; MENDOZA, V. y PORRAS, D. 2008. Análisis de la variación de la diversidad de las comunidades de arbustos de sotobosque entre tres localidades al interior del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (Pasco – Perú). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. *Ecología Aplicada* vol. 7: 29 – 42p
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.
- WILLIAMS, P. H. y GASTON, K. J. 1994. Measuring more of biodiversity : can higher taxon richness predict wholesale species richness? *Biological conservation* 67: 211 – 217.
- WILLIAMS, P. H., GASTON, K. J. y HUMPHRIES, C. J. 1997. Mapping biodiversity worldwide: combining higher taxon richness from different groups. *Proceeding of Royal Society, Biological Sciences.* 264: 141 – 148.
- YOCKTENG, R. y CAVELIER J. 1998. Diversidad y mecanismos de dispersión de árboles de la isla Gorgona y de los bosques húmedos tropicales del Pacífico colombiano – ecuatoriano. *Rev. Biol. Trop.*, 46 (1): 45 – 53.

ANEXOS

Cuadro 15. Riqueza específica de flora silvestre de la Isla Taquile y cerro Chiani – Churo durante la evaluación, noviembre 2010 – febrero 2011.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TAQUILE	CHIANI
MAGNOLIOPSIDA	FABALES	FABACEAE	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav. S.I.	X	X
			<i>Lupinus chlorolepis</i> C. P. Smith	X	
			<i>Medicago hispida</i> Gaertner	X	X
			<i>Trifolium repens</i> L.	X	X
			<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.	X	X
			<i>Vicia graminea</i> Smith		X
GNETOPSIDA	GNETALES	EPHEDRACEAE	<i>Ephedra americana</i> H et B. ex Willd.	X	X
			<i>Bowlesia tenella</i> Meyen	X	
MAGNOLIOPSIDA	APIALES	APIACEAE	<i>Daucus montanus</i> Humboldt y Bondpland ex Sprengel	X	X
			<i>Oreomyrrhys andicola</i> (H.B.K) Hook	X	X
			<i>Achyrocline alata</i> H.B.K.	X	
			<i>Achyrocline romosissima</i> (Schultz-Bip) Britton ex Rusby	X	X
			<i>Ageratina gilbertii</i> B. Robinson	X	X
			<i>Ageratina pentlandiana</i>	X	X
MAGNOLIOPSIDA	ASTERALES	ASTERACEAE	<i>Ageratina sp.</i>	X	X
			<i>Baccharis pentlandii</i> DC	X	
			<i>Baccharis obtusifolia</i>	X	X
			<i>Baccharis incarum</i> (Weddell)	X	X
				X	X

MAGNOLIOPSIDA	ASTERALES	<i>Tagetes multiflora</i> H.B.K.	X	X		
		<i>Taraxacum officinale</i> Wiggers	X	X		
		<i>Viguiera pflanzii</i> Perk.	X	X		
		<i>Werneria caespitosa</i> Wedd	X	X		
		<i>Acicarpa tribuloides</i> Jusseu	X			
		<i>Siphocampylus tupaeformis</i> A. Zahlb. vuckner	X			
		<i>Brassica rapa</i> L.	X	X		
		<i>Lepidium chichicara</i> Desv.	X	X		
		<i>Cantua buxifolia</i> Juss	X			
		<i>Cantua tomentosa</i>	X			
	BRASSICALES	BRASSICACEAE	<i>Gomphrena elegans</i> Mart.		X	
			<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	X	X	
			<i>Echinopsis maximiliana</i> Heyder	X	X	
	ERICALES	POLEMONIACEAE	<i>Opuntia boliviana</i> Salm - Dyck	X	X	
			<i>Cerastium vulgatum</i> var. <i>peruviana</i>		X	
	CARYOPHYLLALES	CARYOPHYLLACEAE	<i>Cardionema ramosissima</i> (Weinm.) Nels & Macbr.	X		
			<i>Paronychia andina</i> Chaudhri		X	
			<i>Muehlenbeckia volcánica</i> (Benth) Endl.	X	X	
			<i>Polygonum aviculare</i>	X		
			<i>Rumex cuneifolius</i> Campdera	X	X	
CORNIALES		PORTULACACEAE	<i>Calandrinia acaulis</i> H. B. K.		X	
			LOASACEAE	<i>Cajophora cirsiifolia</i> Presl.	X	X
				<i>Sarcostemma lysimachioides</i> (Wedd) R. Holm	X	X

MAGNOLIOPSIDA	GENTIANALES	GENTIANACEAE	<i>Gentina sedifolia</i> H.B.K		X
		LOGANIACEAE	<i>Buddleja coriacea</i> Remy	X	X
		RUBIACEAE	<i>Galium apovine</i>		X
	GERIANALES	GERANIACEAE	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cavanilles	X	X
			<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L. Herit es Ait	X	X
	LAMIALES	LAMIACEAE	<i>Hedeoma mandoniana</i> Weddell	X	X
			<i>Lepechionia meyenii</i> (Walpers) Epling	X	X
			<i>Minthostachys setosa</i> (Briquet) Epling	X	
			<i>Stachys herrerae</i>		X
			<i>Plantago major</i> L.	X	X
			<i>Verbena littoralis</i> H.B.K.	X	X
			<i>Verbena microphyla</i> Humboldt Bonpland y Kunth	X	X
<i>Verbena sp.</i>				X	
<i>Euphorbia huanchahana</i> Jklotzsch			X	X	
<i>Euphorbia raphanorrhiza</i> J.F. Macbr.				X	
MALPHIGIALES	EUPHORBIAEAE	<i>Hypericum caespitosum</i> Cham. & Schtdl.	X		
	HYPERICACEAE				
MALVALES	MALVACEAE	<i>Urocarpidium shepadae</i> (I.M. Johnston) Krapovickas	X	X	
		<i>Oxalis corniculata</i> L.	X	X	
OXALIDALES	OXALIDACEAE	<i>Oxalis oreocharis</i> Diels		X	
		<i>Oxalis pachyrriza</i> Wedd.	X		

MAGNOLIOPSIDA	PIPERALES	PIPERACEAE	<i>Peperonia verruculosa</i> Dahlstedt ex A. W. Hill		X
	ROSALES	RHAMNACEAE	<i>Colletia spinosissima</i> J.F.	X	X
		ROSACEAE	<i>Alchemilla pinnata</i> R & P	X	X
	SANTALES	SANTALACEAE	<i>Margyricarpus pinnatus</i> Britt	X	X
			<i>Quinchamalium procumbens</i> R & P	X	X
	SAXIFRAGALES	SAXIFRAGACEAE	<i>Ribes brachybrotrys</i> (Wedd) Jancz		X
	SCHROFULARIALES	SCROFULARIACEAE	<i>Castilleja pumila</i> (Bentham) Weddell xHerrera	X	X
	SOLANALES	HYDROPHYLLACEAE	<i>Phacelia bipinnatifida</i> Michx		X
		SOLANACEAE	<i>Solanum nitidum</i> Ruiz et Pavon	X	X
	URTICALES	URTICACEAE	<i>Urtica urens</i> L.	X	
	VIOLALES	VIOLACEAE	<i>Viola</i> sp.		X
	ASPARAGALES	AMARYLLIDACEAE	<i>Zephyrantes</i> sp.		X
		IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium andicola</i> Kook	X	X
	LILIALES	ALSTROMERIAEAE	<i>Sisyrinchium chilense</i> Hooker		X
<i>Alstromeria pygmaea</i> Herb.				X	
LILIAEAE		<i>Anthericum exchremorrhium</i>			X
		<i>Bomarea dulcis</i> (Hook) Beauverd	X		
		<i>Nothoscordium andicola</i> Kunth			X
COMMELINALES	COMMELINACEAE	<i>Commelina elliptica</i> H.B.K.	X		
POALES	CYPERACEAE	<i>Carex</i> sp.	X	X	
		<i>Cyperus hermafroditus</i> (Jacquin)	X		
	JUNCACEAE	<i>Scirpus rigidus</i> (Steud) Boeckl.	X		
		<i>Juncus arcticus</i> var. <i>Andicola</i>	X	X	X
		<i>Juncus balticus</i> Willdenow	X		

LILIOPSISIDA	POALES	POACEAE	<i>Juncus pallescens</i> Lamarck	X		
			<i>Agrostis breviculmis</i> A. Hitchcock	X	X	
			<i>Bouteloa simplex</i> Lag.	X		
			<i>Bromus catharticus</i> Vahl	X	X	
			<i>Eragrostis nigricans</i> (H.B.K.) Steudel	X	X	
		POALES	POACEAE	<i>Festuca dolichophylla</i> J.S. Presl	X	X
				<i>Muhlenbergia fastigiata</i> (Presl) Henr.	X	X
				<i>Pennisetum clandestinum</i> (Hochstetter)	X	X
				<i>Poa annua</i> L.	X	
				<i>Stipa ichu</i> (R & P) Kunth	X	X
			<i>Stipa obtusa</i> (Ness & Mey) Hitchc.	X	X	

Cuadro 16. Riqueza específica de flora silvestre a cinco altitudes diferentes (3850, 3900, 3950, 4000 y 4050 msnm) en la isla Taquile (noviembre 2010 – febrero 2011).

3850 msnm	3900 msnm	3950 msnm	4000 msnm	4050 msnm
<i>A. breviculmis</i>	<i>A. alata</i>	<i>A. alata</i>	<i>A. alata</i>	<i>A. gilbertii</i>
<i>A. garbancillo</i>	<i>A. breviculmis</i>	<i>A. breviculmis</i>	<i>A. garbancillo</i>	<i>B. andicola</i>
<i>A. pentlandiana</i>	<i>Ageratina sp.</i>	<i>A. gilbertii</i>	<i>A. gilbertii</i>	<i>B. incarum</i>
<i>A. pinnata</i>	<i>A. pentlandiana</i>	<i>A. pentlandiana</i>	<i>A. pentlandiana</i>	<i>B. obtusifolia</i>
<i>A. tribuloides</i>	<i>A. pinnata</i>	<i>A. pinnata</i>	<i>A. pinnata</i>	<i>B. pentlandii</i>
<i>B. andicola</i>	<i>A. tribuloides</i>	<i>A. tribuloides</i>	<i>B. andicola</i>	<i>B. simplex</i>
<i>B. incarum</i>	<i>B. andicola</i>	<i>B. andicola</i>	<i>B. incarum</i>	<i>C. jodopappa</i>
<i>B. pentlandii</i>	<i>B. catharticus</i>	<i>B. coriaceae</i>	<i>B. catharticus</i>	<i>C. latiovetolata</i>
<i>C. ambrosioides</i>	<i>B. coriaceae</i>	<i>B. incarum</i>	<i>B. obtusifolia</i>	<i>C. ramosissima</i>
<i>C. latiovetolata</i>	<i>B. dulcis</i>	<i>B. obtusifolia</i>	<i>B. pentlandii</i>	<i>Carex sp.</i>
<i>C. spinosissima</i>	<i>B. incarum</i>	<i>B. pentlandii</i>	<i>Calamagrostis sp.</i>	<i>Cerastium sp.</i>
<i>D. montanus</i>	<i>B. pentlandii</i>	<i>C. circiifolia</i>	<i>C. ambrosioides</i>	<i>C. sponosissima</i>
<i>E. linifolius</i>	<i>C. hermafroditus</i>	<i>C. jodopappa</i>	<i>C. circiifolia</i>	<i>E. americana</i>
<i>E. americana</i>	<i>C. latiovetolata</i>	<i>C. latiovetolata</i>	<i>C. latiovetolata</i>	<i>E. maximiliana</i>
<i>E. nigricans</i>	<i>C. pumila</i>	<i>C. pumila</i>	<i>C. jodopappa</i>	<i>F. orthophylla</i>
<i>E. pazensis</i>	<i>C. elliptica</i>	<i>C. ramosissima</i>	<i>C. ramosissima</i>	<i>G. polium</i>
<i>F. dolichophylla</i>	<i>C. ramosissima</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>Gnaphalium sp</i>
<i>G. americana</i>	<i>C. spinosissima</i>	<i>C. spinosissima</i>	<i>C. spinosissima</i>	<i>H. mandoneana</i>
<i>G. dombeyanum</i>	<i>D. montanus</i>	<i>D. montanus</i>	<i>D. montanus</i>	<i>L. chlorolepis</i>
<i>G. sessiliflorum</i>	<i>E. cicutarium</i>	<i>E. cicutarium</i>	<i>E. cicutarium</i>	<i>L. meyenni</i>
<i>H. neoherrerae</i>	<i>E. huanchahana</i>	<i>E. nigricans</i>	<i>E. huanchahana</i>	<i>M. fastigiata</i>
<i>H. taraxacoides</i>	<i>E. nigricans</i>	<i>E. maximiliana</i>	<i>E. nigricans</i>	<i>M. pinnatus</i>
<i>J. arcticus</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>E. maximiliana</i>	<i>M. setosa</i>
<i>L. chichicara</i>	<i>F. dolichophylla</i>	<i>F. dolichophylla</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>M. volcánica</i>
<i>M. volcanica</i>	<i>G. americana</i>	<i>Gnaphalium sp</i>	<i>Festuca sp.</i>	<i>O. corniculata</i>
<i>M. setosa</i>	<i>G. elegans</i>	<i>G. americana</i>	<i>F. dolichophylla</i>	<i>P. annua</i>
<i>O. corniculata</i>	<i>G. polium</i>	<i>H. taraxacoides</i>	<i>G. polium</i>	<i>P. clandestinum</i>
<i>O. pachyrryza</i>	<i>G. ramosissima</i>	<i>J. arcticus</i>	<i>H. mandoneana</i>	<i>Poa sp.</i>
<i>P. clandestinum</i>	<i>G. sessiliflorum</i>	<i>L. chichicara</i>	<i>H. neoherrerae</i>	<i>Q. procumbens</i>
<i>R. pilosus</i>	<i>J. arcticus</i>	<i>L. chlorolepis</i>	<i>L. chichicara</i>	<i>S. ichu</i>
<i>S. ichu</i>	<i>J. pallescens</i>	<i>L. meyenni</i>	<i>L. chlorolepis</i>	<i>S. clivicolus</i>
<i>R. cuneifolius</i>	<i>L. chichicara</i>	<i>M. fastigiata</i>	<i>L. meyenni</i>	<i>T. officinalis</i>
<i>S. rigidus</i>	<i>L. meyenni</i>	<i>M. hispida</i>	<i>M. fastigiata</i>	<i>T. repens</i>
<i>T. officinalis</i>	<i>M. hispida</i>	<i>M. volcanica</i>	<i>M. volcanica</i>	<i>V. littoralis</i>

<i>T. repens</i>	<i>M. pinnatus</i>	<i>M. setosa</i>	<i>M. setosa</i>	
<i>V. littoralis</i>	<i>M. setosa</i>	<i>M. pinnatus</i>	<i>M. pinnatus</i>	
<i>V. microphyla</i>	<i>M. volcanica</i>	<i>O. pachyrryza</i>	<i>O. corniculata</i>	
	<i>O. andicola</i>	<i>P. annua</i>	<i>P. annua</i>	
	<i>O. corniculata</i>	<i>P. clandestinum</i>	<i>P. clandestinum</i>	
	<i>O. pachyrryza</i>	<i>Poa sp.</i>	<i>Q. procumbens</i>	
	<i>P. clandestinum</i>	<i>Q. procumbens</i>	<i>S. ichu</i>	
	<i>R. pilosus</i>	<i>S. andicola</i>	<i>S. tupaeformis</i>	
	<i>S. ichu</i>	<i>S. ichu</i>	<i>S. clivicolus</i>	
	<i>S. tupaeformis</i>	<i>S. tupaeformis</i>	<i>S. plumosa</i>	
	<i>S. clivicolus</i>	<i>S. clivicolus</i>	<i>T. multiflora</i>	
	<i>S. obtusa</i>	<i>S. plumosa</i>	<i>T. officinalis</i>	
	<i>S. plumosa</i>	<i>T. multiflora</i>	<i>T. repens</i>	
	<i>S. rigidus</i>	<i>T. officinalis</i>	<i>U. sherpadae</i>	
	<i>T. multiflora</i>	<i>T. repens</i>	<i>V. littoralis</i>	
	<i>T. officinalis</i>	<i>U. sherpadae</i>	<i>V. petflansii</i>	
	<i>T. repens</i>	<i>U. urens</i>		
	<i>U. sherpadae</i>	<i>V. littoralis</i>		
	<i>V. littoralis</i>	<i>Werneria sp.</i>		
	<i>V. petflansii</i>			

Cuadro 17. Riqueza específica de flora silvestre a cinco altitudes diferentes (3850, 3900, 3950, 4000 y 4050 msnm) en el cerro Chiani (noviembre 2010 – febrero 2011).

3850 msnm	3900 msnm	3950 msnm	4000 msnm	4050 msnm
<i>A. breviculmis</i>	<i>Achyrocline sp.</i>	<i>A. ramosissima</i>	<i>A. exphremorrhizum</i>	<i>A. exphremorrhizum</i>
<i>A. garbancillo</i>	<i>A. breviculmis</i>	<i>A. garbancillo</i>	<i>A. garbancillo</i>	<i>A. garbancillo</i>
<i>A. gilbertii</i>	<i>A. garbancillo</i>	<i>A. gilbertii</i>	<i>A. gilbertii</i>	<i>A. gilbertii</i>
<i>Ageratina sp.</i>	<i>A. gilbertii</i>	<i>B. andicola</i>	<i>A. pigmaea</i>	<i>A. pentlandiana</i>
<i>A. pinnata</i>	<i>Ageratina sp.</i>	<i>B. incarum</i>	<i>B. andicola</i>	<i>A. pigmaea</i>
<i>B. andicola</i>	<i>A. pinnata</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>B. incarum</i>	<i>B. incarum</i>
<i>B. catarthicus</i>	<i>B. andicola</i>	<i>C. artemisiifolia</i>	<i>B. postrata</i>	<i>B. obtusifolia</i>
<i>B. incarum</i>	<i>B. catarthicus</i>	<i>C. jodopappa</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>B. postrata</i>
<i>B. pilosa</i>	<i>B. incarum</i>	<i>D. montanus</i>	<i>C. acaulis</i>	<i>Carex sp.</i>
<i>B. rapa</i>	<i>Carex sp.</i>	<i>Erigeron sp.</i>	<i>C. artemisiifolia</i>	<i>Cerastium</i>
<i>Calamagrostis sp.</i>	<i>C. acaulis</i>	<i>E. cicutarium</i>	<i>C. chonoticum</i>	<i>C. artemisiifolia</i>
<i>Carex sp.</i>	<i>C. artemisiifolia</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>C. jodopappa</i>	<i>C. jodopappa</i>
<i>C. acaulis</i>	<i>C. chonoticum</i>	<i>E. raphanorryza</i>	<i>D. montanus</i>	<i>D. montanus</i>
<i>C. artemisiifolia</i>	<i>C. jodopappa</i>	<i>Galium sp.</i>	<i>Erigeron sp.</i>	<i>Erigeron sp.</i>
<i>Cerastium sp.</i>	<i>C. pumila</i>	<i>Gnaphalium sp.</i>	<i>E. americana</i>	<i>E. americana</i>
<i>D. montanus</i>	<i>D. montanus</i>	<i>G. elegans</i>	<i>E. maximiliana</i>	<i>E. echinopsis</i>
<i>E. huanchahana</i>	<i>E. cicutarium</i>	<i>Gh. Elegans</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>E. huanchahana</i>
<i>E. cicutarium</i>	<i>E. huanchahana</i>	<i>H. mandoneana</i>	<i>E. raphanorryza</i>	<i>E. maximiliana</i>
<i>E. pazensis</i>	<i>E. pazensis</i>	<i>H. taraxacoides</i>	<i>Festuca sp.</i>	<i>E. raphanorryza</i>
<i>E. raphanorryza</i>	<i>E. raphanorryza</i>	<i>M. fastigiata</i>	<i>Galium sp.</i>	<i>E. pazensis</i>
<i>Festuca sp.</i>	<i>Festuca sp.</i>	<i>M. pinnatus</i>	<i>Gnaphalium sp.</i>	<i>Galium sp.</i>
<i>F. artemisioides</i>	<i>Galium sp.</i>	<i>N. andicola</i>	<i>G. americana</i>	<i>G. chonoticum</i>
<i>Galium sp.</i>	<i>G. americana</i>	<i>O. andicola</i>	<i>G. elegans</i>	<i>G. elegans</i>
<i>Gnaphalium sp.</i>	<i>G. boliviana</i>	<i>O. corniculata</i>	<i>G. polium</i>	<i>G. polium</i>
<i>G. americana</i>	<i>G. elegans</i>	<i>P. clandestinum</i>	<i>G. sedifolia</i>	<i>G. ramosissima</i>
<i>G. boliviana</i>	<i>G. polium</i>	<i>Q. procumbens</i>	<i>H. mandoneana</i>	<i>G. sedifolia</i>
<i>G. chonoticum</i>	<i>G. sedifolia</i>	<i>S. clivicolus</i>	<i>M. pinnatus</i>	<i>Gh. elegans</i>
<i>G. elegans</i>	<i>G. sessiliflorum</i>	<i>S. ichu</i>	<i>M. volcanica</i>	<i>H. mandoneana</i>
<i>H. mandoneana</i>	<i>H. mandoneana</i>	<i>T. multiflora</i>	<i>L. lysimachioides</i>	<i>L. lysimachioides</i>
<i>H. taraxacoides</i>	<i>H. taraxacoides</i>	<i>T. officinalis</i>	<i>N. andicola</i>	<i>M. pinnatus</i>
<i>L. chichicara</i>	<i>J. arcticus</i>	<i>V. littoralis</i>	<i>O. andicola</i>	<i>M. volcanica</i>
<i>M. fastigiata</i>	<i>L. chichicara</i>	<i>V. microphyla</i>	<i>O. corniculata</i>	<i>N. andicola</i>
<i>M. hispida</i>	<i>M. fastigiata</i>		<i>Q. procumbens</i>	<i>Q. procumbens</i>
<i>M. pinnatus</i>	<i>M. pinnatus</i>		<i>S. andicola</i>	<i>O. oreocharis</i>

<i>N. andicola</i>	<i>M. volcanica</i>		<i>S. chilensis</i>	<i>O. andicola</i>
<i>O. andicola</i>	<i>N. andicola</i>		<i>S. clivicolus</i>	<i>P. andina</i>
<i>O. corniculata</i>	<i>O. andicola</i>		<i>S. ichu</i>	<i>P. verruculosa</i>
<i>P. andina</i>	<i>O. corniculata</i>		<i>T. multiflora</i>	<i>S. andicola</i>
<i>P. clandestinum</i>	<i>P. andina</i>		<i>T. officinalis</i>	<i>S. chilensis</i>
<i>P. major</i>	<i>P. clandestinum</i>		<i>Verbena sp.</i>	<i>S. ichu</i>
<i>Q. procumbens</i>	<i>Q. procumbens</i>		<i>V. littoralis</i>	<i>T. multiflora</i>
<i>R. brachybrotys</i>	<i>R. brachybrotys</i>		<i>V. microphyla</i>	<i>Verbena sp.</i>
<i>R. cuneifolius</i>	<i>S. andicola</i>		<i>Werneria sp.</i>	<i>V. littoralis</i>
<i>R. pilosus</i>	<i>S. clivicolus</i>		<i>Zephyrantes sp.</i>	<i>Werneria sp.</i>
<i>S. clivicolus</i>	<i>S. nitidum</i>			<i>Zephyrantes sp.</i>
<i>S. ichu</i>	<i>S. ichu</i>			
<i>S. obtusa</i>	<i>T. multiflora</i>			
<i>S. oleraceus</i>	<i>T. officinalis</i>			
<i>T. amabile</i>	<i>T. repens</i>			
<i>T. officinalis</i>	<i>V. graminea</i>			
<i>T. repens</i>	<i>V. littoralis</i>			
<i>Verbena sp.</i>	<i>V. microphyla</i>			
<i>V. littoralis</i>	<i>Werneria sp.</i>			

Fotografías de las especies de flora silvestre más comunes en las dos zonas de estudio.



Figura 27. *Agrostis breviculmis*



Figura 28. *Ageratina gilbertii*



Figura 29. *Daucus mantanus*



Figura 30. *Gnaphalium. elegans*



Figura 31. *Oxalis oreocharis*



Figura 32. *Paronychia andina*



Figura 33. *Nothoscordium. andicola*



Figura 34. *Ephedra americana*



Figura 35. *Gomphrena elegans*



Figura 36. *Sisyrinchium. chilensis*



Figura 37. *Ageratina sp.*



Figura 38. *Ranunculus pilosus*



Figura 39. *Vicia gramínea*



Figura 40. *Verbena sp.*



Figura 41. *Baccharis postrata*



Figura 42. *Erigeron pazensis*



Figura 43. *Baccharis pentlandii*



Figura 44. *Senecio clivicolus*



Figura 45. *Ageratina pentlandiana*



Figura 46. *Cantua tomentosa*



Figura 47. *Baccharis incarum*



Figura 48. *Cajophora circiifolia*



Figura 49. *Colletia spinosissima*



Figura 50. *Stipa ichu*



Figura 51. *Hieracium neoherrerae*



Figura 52. *Acicarpa tribuloides*



Figura 53. *Garanium sessiliflorum*



Figura 54. *Lepechinia meyenni*



Figura 55. *Astragalus garbancillo*



Figura 56. *Brassica rapa*



Figura 57. *Chenopodium ambrosioides*

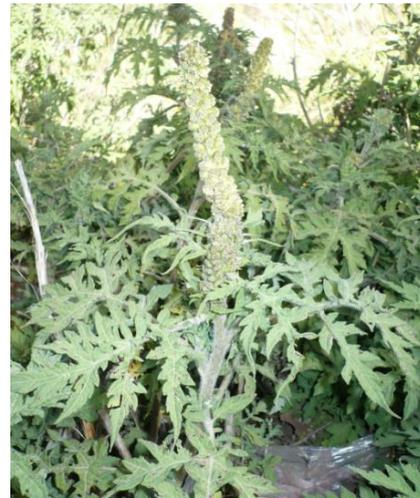


Figura 58. *Franseria artemisioides*



Figura 59. *Grindelia boliviana*



Figura 60. *Lugonia lysimachioides*



Figura 61. *Pennicetum clandestinum*



Figura 62. *Ribes brachybrotis*



Figura 63. *Rumex cuneifolius*



Figura 64. *Verbena littoralis*



Figura 65. *Verbena microphyla*



Figura 66. *Chersodoma jodoppa*

Cuadro 18. Temperatura media en °C y precipitación en MM diaria del mes de febrero y enero 2011.

FEBRERO – 2011

DIA	T° MEDIA	PREC. P
1	9,8	12,9
2	9,6	4,5
3	9,9	2,0
4	10,5	23,6
5	9,7	20,2
6	9,6	17,5
7	11,6	20,0
8	11,2	1,2
9	11	11,4
10	11	2,6
11	11,2	3,4
12	11,6	0,3
13	11,4	3,2
14	10,1	2,8
15	8,9	20,9
16	10,2	9,7
17	10,2	8,8
18	9,1	14,7
19	9,4	17,8
20	11,6	11,9
21	12	6,6
22	10,1	1,4
23	11,4	12,5
24	9,9	8,8
25	10,1	16,9
26	10,2	32,5
27	9,6	9,3
28	9,6	7,2
29		
30		
31		
TOT.	290,5	304,6
PROM	10,4	

ENERO – 2011

T° MEDIA	PREC. P
10,3	
11,65	
11,5	
10,4	
11,65	
12,6	
12,75	1,4
10,4	1,2
10,4	0,9
10,35	10,4
11,1	8
11,15	1,7
13,15	4
13,15	
13	
12,4	
13,45	
13,6	0,7
14,25	
13,9	
13,25	11,4
12,85	13,5
10,3	29
10,85	20,7
10,4	6,2
10,05	1,2
9,3	9,3
10,55	0,2
10,6	0,6
10,45	8,4
9,5	
359,25	128,8
11,5	

Cuadro 19. Temperatura media en °C y precipitación en MM diaria del mes de diciembre y noviembre 2010.

DICIEMBRE – 2010

DIA	T. MEDIA	PREC. P.
1	14,55	
2	13,6	
3	14,65	
4	13	
5	12,25	6,7
6	12,1	
7	11,95	
8	12,35	
9	10,55	15,9
10	11,75	6,3
11	10,9	1,8
12	9,85	13
13	10,6	12,4
14	12,65	
15	12,3	
16	13,45	
17	13,8	
18	13,9	
19	11,55	11,4
20	12,65	16,1
21	9,6	0
22	11,7	0,6
23	11,6	1,4
24	11,15	
25	10,75	32
26	10	8,7
27	9,75	10
28	10,15	11,5
29	9,2	
30	10,65	7,4
31	9,25	0,5
TOTAL	362,2	155,7
PROM.	11,7	

NOVIEMBRE – 2010

T. MEDIA	PREC. P.
12,8	
13,45	
12,1	
11,35	
11,4	
11,75	
12,15	
11,85	
14,3	
12,65	
10,7	7,5
12,25	
11,7	
13,15	
13	
12,45	
10,7	
12,2	
11,3	
12,15	
12	
12,5	
12,65	
11,7	
13,1	
12,75	
14,35	
13,7	
13	
12,45	
371,6	7,5
11,7	

GLOSARIO

Abundancia: La abundancia (cantidad de individuos o de biomasa) es un atributo poblacional variable en el tiempo y el espacio, y es de singular importancia en el manejo de la flora silvestre.

Ambiente: Todo lo que rodea a un organismo, incluyendo también los otros organismos y también a aquellos de su propia especie.

Comunidad biológica: Cualquier reunión de poblaciones que viven en un área determinada o hábitat físico.

Biodiversidad: Es la riqueza de la vida sobre la tierra, los millones de plantas, animales y microorganismos, los genes que contienen y los intrincados ecosistemas que contribuyen a construir en el medio natural.

Ecosistema: Es el sistema (en el sentido de la física) completo, el cual incluye no sólo al complejo de organismos, sino también al entero complejo de factores físicos que forman lo que llamamos ambiente.

Flora: La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático.

Hábitat: Es el lugar o tipo de ambiente donde vive un organismo, población o especie. La presencia del organismo en un ambiente dado sugiere que éste satisface sus requerimientos básicos y forma parte de su hábitat efectivo; si el organismo no se encuentra en un lugar aunque está normalmente presente en ambientes similares, tal sitio puede formar parte de su hábitat potencial.

Procesos evolutivos: Cambio en la frecuencia génica a través del tiempo como resultado de la selección natural, que produce cambios acumulativos en las características de una población.

Variabilidad genética: La cantidad de variabilidad genética de una población viene determinada tanto por el número de genes de su acervo génico con más de un alelo (los llamados genes polimórficos), como por el número de alelos de cada gen polimórfico.

Diversidad alfa: La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea.

Índices de abundancia proporcional: Clasificó estos índices de abundancia en índices de equidad, aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.

Índices de dominancia: Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

Riqueza de especies: Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

Vegetación: Conjunto de los vegetales propios de un lugar o región, o existentes en un terreno determinado.