

ANEXOS

Anexo 1.-



Delimitación de las parcelas para el muestreo de los 4 árboles donde se formaban los 9 intersecciones para levantar los datos.



Los bosques de aliso se encontraban en laderas de ríos y quebradas con pendientes hasta el 30 %.



Los bosques de Alisos han perdido cerca de 30% de su superficie total según la estimación del corregidor de la comunidad



Algunas especies del bosque de aliso estaban afectadas por la pudrición blanca una preocupación muy grande por los comuneros ya que está en aumento.



La medición de las distancias entre arboles es una parámetro importante para determinar la distribución.



Los bosques de Queñua están siendo afectados sobre todo con la extracción de leña como combustible.



Los bosques de pino de cerró son densos y húmedos con abundante hojarasca que protegen el suelo



Los pinos de cerro sobre todo los jóvenes se caracterizan por ser pequeños de diámetro en relación con su altura.

Anexo 2.- Modelo de planilla de campo utilizada para levantar los datos del muestreo del grupo estructural de los cuatro árboles.

PLANILLA DE LEVANTAMINETO DE CAMPO .

Anotador: Leonel Mondague Lugar: Calderilla Chica (Norte)
 GPS: x 298867 y 4599758 z 290L parcela: 3
 Azimut: 90° Fecha: 1/10/2013

N#	Distancia m.	Díámetro cm.	Altura m.	Especie	Observaciones
19	0	25	5	aliso	
	0,3	27	6	aliso	0,07 ✓
	4	30	5	aliso	
	4,20	25	3	aliso	
20	0	14	4	aliso	
	2,9	15	3	aliso	0,07 ✓
	3	15	4	aliso	
	5	10	4	aliso	
21	0	15	3	aliso	
	2	10	2,5	aliso	0,33 ♥
	2,4	6	2,5	aliso	
	2,9	6	2,5	aliso	
22	0	15	3	aliso	
	2	8	2	aliso	0,47 ★
	3,2	8	4	aliso	
	3,2	30	6	aliso	
23	0	20	6	aliso	
	0,4	20	6	aliso	0 ✓
	5,8	20	6	aliso	
	6	15	5	aliso	
24	0	30	6	aliso	
	2,9	25	8	aliso	0,14 ✓
	6	25	9	aliso	
	7,20	40	7	aliso	
25	0	60	8	aliso	
	0,7	30	10	aliso	0,50 ★
	4,3	27	8	aliso	
	4,8	25	7	aliso	

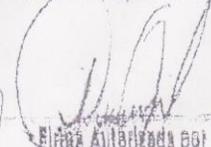
Anexo 3.- Modelo de planilla de campo que se utilizó para el levantamiento de datos para el método gráfico.

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO MÉTODO GRÁFICO

Anotador: Leonel Mondaque M. Lugar: San Pedro de Sola
 GPS: x 306603 y 760872L z 2171 parcela: 1
 Azimut: 315° Fecha: 5/20/13

N#	Distancia m. X	Distancia m. Y	Especie	Observaciones
1	4,30	0	Guayabo	
2	0,45	0,25	Espinillo	
3	3,30	0,40	Espinillo	
4	4,50	1,20	Espinillo	
5	1,9	1,20	Espinillo	
6	2,20	2,20	Espinillo	
7	0,8	3,30	Espinillo	
8	3,6	3,80	Espinillo	
9	3,6	4,5	Pino	
10	2,7	5,5	pino	
11	1,25	5,20	pino	
12	4,20	8,10	pino	
13	3,20	10,50	pino	
14	2,7	11,20	pino	
15	0,3	12	pino	
16	3,15	14	pino	
17	4,5	14,20	Espinillo	
18	4,8	15,40	Espinillo	
19	4,8	15,80	pino	
20	3,7	16,70	pino	
21	1,8	18,60	pino	
22	0	20	pino	
23	5,40	20	pino	
24	8,3	19,7	pino	
25	9,8	19,5	pino	
26	10	19,2	pino	
27	9,9	18,3	pino	
28	9,3	18,2	pino	
29	7,4	13,8	pino	
30	6,5	13,2	pino	
31	5,3	12,8	pino	
32	8,3	12,1	pino	
33	8,5	9,50	pino	
34	20	9,5	pino	
35	7	8,2	pino	
36	9,4	6,4	pino	

Anexo 4.- Documento de autorización para el ingreso a la Reserva Biológica de la Cordillera de Sama (RBCS) para realizar trabajos de investigación otorgada por el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP)

 SERVICIO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS			
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN DE INGRESO			
Solicitante:	Wilson Leonel Mondaque Mercado	En Fecha:	13-09-2013
Motivo del Ingreso:	Levantamiento de datos para trabajo de tesis	Duración:	1 mes
Fecha de Ingreso:	16-09-2013		
Localización de la Expedición:	Parte alta de la cuenca del Rio Tolomosa	N° de Personas:	3
Responsable de la Expedición:	Wilson Leonel Mondaque Mercado		
Nombre de la Expedición o Proyecto:	Determinación de patrones de Distribución Espacial en tres tipos de Bosque de la cuenca del rio Tolomosa, provincia Cercado, Departamento de Tarja		
Equipos a emplear:	GPS, brújula, estacas, wincha, jacon, planillas		
Objetivo/s:	Determinar los patrones de distribución espacial de la vegetación natural en tres tipos de Bosque montano de la cuenca de rio Tolomosa, mediante el uso de indicadores ecológicos, orientados a Fortalecer la conservación de los ecosistemas andinos		
Descripción Resumida de los Trabajos a Realizarse:	En cada uno de los tipos de bosque se instalará parcelas de 10 x 10 m. (0.01 ha). En cada parcela se levantarán de todos los individuos arbóreos. los datos de: distancia, Especie, diámetro, altura. Esto para encontrar los Indices de distribución espacial, el tipo de muestreo que se utilizara es el grupo estructural de los 4 árboles. Para luego procesar los datos obtenidos en un gabinete.		
El SERNAP autoriza la realización de los trabajos de campo arriba descritos, debiendo el solicitante coordinar con el Director del Área Protegida el acceso a la zona, asimismo se compromete a entregar una copia de los resultados del trabajo realizado al SERNAP y a la Dirección del Área Protegida. La Dirección del Área Protegida a través del encargado de campamento asignará un guardaparque, para el seguimiento correspondiente, cualquier contravención a las disposiciones legales en actual vigencia serán motivo de las sanciones que el caso amerite.			
Firma del/a Solicitante		Firma Autorizada por	
Nombre:	Wilson Leonel Mondaque Mercado	Director del Área Protegida	Ing. Francisco Arce Alcoba
C.I.:	7141398 Tarja	Firma Autorizada por	DIRECTOR Reserva Biológica Cord. de Sama SERNAP
			
	Saul Chavez Orasco DIRECTOR EJECUTIVO SERVICIO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS SERNAP Firma Autorizada por Director Ejecutivo SERNAP		

Anexo 5.- Ejemplo de la realización del cálculo de la abundancia, dominancia y frecuencia de especies en los bosques donde se efectuó el trabajo. Para este ejemplo se utilizó los datos del bosque 2A3c.

Abundancia.- Para obtener la abundancia se necesita el dato de distancia media entre los árboles del muestreo de los 4 árboles. Y la fórmula es la siguiente.

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{D})^2}$$

Donde:

Dh = densidad por hectárea

D = distancia promedio

Los datos de la distancia media entre árboles del bosque 2A3c se detalla a continuación.

Especie	Distancia media (m)
Queñua	3.2588
Aliso	3.0200
Total	3.2522

Remplazando los datos para el total del bosque tenemos:

$$Dh = \frac{10000}{(3.2588)^2} = 944.9 \text{ arb/Ha}$$

Dominancia.- Para obtener la dominancia se necesita los datos de diámetro medio de las especies a 1.30 metros de altura y la abundancia de la especie. La fórmula es la siguiente.

$$AB_{ha} = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right) * Dh$$

Donde:

AB_{ha} = área basal por hectárea

D = Diámetro promedio a la altura de 1.30 m.

Dh = Densidad de árboles por hectárea

Los datos de diámetro medio de las especies del bosque 2A3c se detalla a continuación.

Especie	Diámetro medio (m)
Queñua	0,1500
Aliso	0.1721
Total	0,1506

Remplazando los datos para el total del bosque tenemos.

$$AB_{ha} = \pi \left(\frac{0,1506^2}{4} \right) * 944.9 = 16.8 \text{ m}^2 / Ha$$

Frecuencia.- Para obtener la frecuencia se necesita saber el dato de número de sitios de muestreo donde la especie x este presente, para eso necesitamos el cuadro de distribución de frecuencias.

	Número de sitios					
	Número de árboles					
Especie	0	1	2	3	4	Total
Queñua	0	3	2	1	138	144
Aliso	138	1	2	3	0	144

Luego se determina la frecuencia de las especies con la siguiente formula.

$$Fi = m \quad Fi_{rel} = \frac{m_i}{M}$$

Donde:

m = frecuencia de la especie x en los sitios de muestreo

M = número total de muestras

Podemos ver que la Queñua se presentó en 144 sitios y el Aliso en 6 sitios.

Queñua=144 sitios

Aliso= 6 sitios

$$M = 144 \quad F_{i_{rel}} = \frac{144}{144} * 100 = 100\% \text{ Queñua}$$

$$F_{i_{rel}} = \frac{6}{144} * 100 = 4.17\% \text{ Aliso}$$

Anexo 6.- Ejemplo del cálculo de los índices de diferenciación diamétrica (TD) y mezcla de especies (DM).

Diferenciación diamétrica DM.- Como ejemplo vamos a tomar el primer grupo de cuatro árboles de la planilla del anexo 2.

N#	Distancia m.	Diámetro cm.	Altura m.	especie
1	0	25	5	Aliso
2	0.3	27	6	Aliso
3	4	30	5	Aliso
4	4.20	13	3	Aliso

Para obtener la diferenciación diamétrica se utiliza la siguiente fórmula:

$$TD = 1 - \frac{D - menor}{D - mayor}$$

Donde:

TD = diferenciación diamétrica

D-menor = diámetro menor

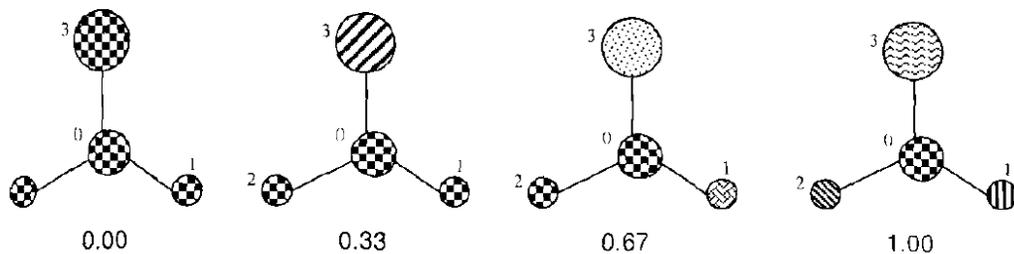
D-mayor = diámetro mayor

Como sabemos la diferenciación diamétrica es la relación existente entre los diámetros del árbol-centro y su primer vecino, entonces reemplazando la formula tenemos.

$$TD = 1 - \frac{25}{27} = 0.07$$

Este cálculo se hace para todos los sitios de muestreo, una vez obtenidos todos los resultados se los clasifica en 5 grupos en porcentaje los grupos son: baja (0-0.20), moderada (0.20-0.40), media (0.40-0.60), fuerte (0.60-0.80) y muy fuerte (0.80- 1)

Mezcla de especies DM.- Como ejemplo tomamos el mismo grupo de arboles de la planilla del anexo 2. Para obtener este índice solamente se observa cómo están constituidos los sitios de muestreo en lo que a especies se refiere. Como se ve en la figura.



Como se puede advertir en nuestro ejemplo el grupo de los cuatro árboles está constituido por una sola especie (Aliso) y como nos indica la figura le corresponde el valor de 0.00. Lo mismo se realiza para todos los sitios de muestreo una vez obtenidos todos los valores se los clasifica en los cuatro grupos que muestra la figura en porcentaje.

Anexo 7.- Ejemplo del cálculo de la varianza y la media aritmética a partir de la distribución de frecuencias. El ejemplo lo realizaremos con la especie de Queñua del bosque 2A3c. Primeramente necesitamos tener la distribución de frecuencias.

	Número de sitios					
	Número de árboles					
Especie	0	1	2	3	4	Total
Queñua	0	3	2	1	138	144
Aliso	138	1	2	3	0	144

Y a partir de la distribución de frecuencias se determina la varianza y media aritmética de la siguiente manera.

Xi	fi	Fi	Xi*fi	Xi²*fi	Fi %
0	0	0	0	0	0
1	3	3	3	3	2.08
2	2	5	4	8	3.47
3	1	6	3	9	4.17
4	138	144	552	2208	100
Σ	144		562	2228	

$$\bar{X} = \frac{562}{144} = 3.9028$$

$$S^2 = \frac{2228}{144} - (3.9028)^2 = 0.2401$$

Anexo 8.- Ejemplo del cálculo de de los diferentes índices para la distribución espacial de las especies arbóreas. Para el cálculo de los índices primero se necesita los datos de varianza y media aritmética para el ejemplo utilizaremos de la especie de Queñua obtenidos en el anexo 7.

Espece	Varianza	Media aritmética
Queñua	0.2401	3.9028

Remplazando los datos tenemos:

Índice de dispersión ID.-

$$ID = \frac{S^2}{\bar{X}} = \frac{0.2401}{3.9028} = 0.0615$$

Índice de agrupamiento IC.-

$$IC = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 = \frac{0.2401}{3.9028} - 1 = -0.9385$$

Índice de Green IG.-

El valor de n es número de sitios de muestreo que se registraron en ese tipo de bosque.

$$IG = \frac{(S^2/\bar{X})}{n-1} - 1 = \frac{-0.9385}{144-1} = -0.0066$$

Índice de Clark & Evans R.- la formula es la siguiente.

$$R = \frac{\frac{1}{n} \sum_i^n r_i}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{N}}}$$

Donde:

r_i = la distancia desde el árbol i hasta su vecino más cercano (m).

N = numero de arboles por hectárea.

n =numero de arboles en la parcela.

Para obtener este índice se necesita conocer la distancia media que se tomo en el muestreo desde el árbol-centro a sus vecinos, el numero de arboles por hectárea es decir la abundancia y el numero de arboles en el muestreo. En el ejemplo utilizaremos los datos del bosque 2A3c.

Distancia media m.	Árboles por hectárea	Árboles del muestreo
3.2532	944.9	432

Remplazando la formula tenemos:

$$R = \frac{\frac{1}{432} \sum_i^n 3.2532}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{944.9}}} = 0.0146$$

Una vez obtenidos los resultados de los diferentes índices de distribución espacial se los compara con los rangos establecidos para los diferentes para su posterior interpretación.

Anexo 9.- Ejemplo del cálculo para la obtención de las pruebas estadísticas de Poisson y Binomial negativa. Para realizar este procedimiento se necesita la distribución de las frecuencias y la media aritmética. Para el ejemplo utilizaremos las frecuencias de la especie de Queñua del bosque 2A3c, la media aritmética de la Queñua es $\bar{X} = 3,9028$.

	Número de sitios					
	Número de árboles					
Especie	0	1	2	3	4	Total
Queñua	0	3	2	1	138	144
Aliso	138	1	2	3	0	144

Distribución de Poisson.- Primeramente se calcula la probabilidad de encontrar individuos en una unidad de muestreo P(x). Con las siguientes formulas.

$$P(0) = e^{-\bar{x}} = e^{-3.9028} = 0.0200$$

$$P(1) = \frac{(x)^1 \times e^{-x}}{1!} = (e^{-3.9028}) * [(3.9820)^1/(1)] = 0.0780$$

$$P(2) = \frac{(x)^2 \times e^{-x}}{2!} = (e^{-3.9028}) * [(3.9820)^2/(2)] = 0.1522$$

$$P(3) = \frac{(x)^3 \times e^{-x}}{3!} = (e^{-3.9028}) * [(3.9820)^3/(3)] = 0.3960$$

$$P(4) = \frac{(x)^4 \times e^{-x}}{4!} = (e^{-3.9028}) * [(3.9820)^4/(4)] = 1.1591$$

Posteriormente se calcula las frecuencias esperadas $E(x)$, multiplicando la probabilidad encontrada por el número total de unidades de muestreo (n), de la siguiente manera.

$$E(0) = (n) \times P(0) = 144 * 0.0200 = 2.88$$

$$E(1) = (n) \times P(1) = 144 * 0.0780 = 11.23$$

$$E(2) = (n) \times P(2) = 144 * 0.1522 = 21.92$$

$$E(3) = (n) \times P(3) = 144 * 0.3960 = 57.02$$

$$E(4) = (n) \times P(4) = 144 * 1.1591 = 166.91$$

Posteriormente se realiza la prueba estadística de Chi-cuadrada X^2 , esta prueba es usada para comparar las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas.

$$X^2(0) = \frac{(0 - 2.88)^2}{2.88} = 2.8800$$

$$X^2(1) = \frac{(3 - 11.23)^2}{11.23} = 6.0314$$

$$X^2(2) = \frac{(2 - 21.92)^2}{21.92} = 18.1025$$

$$X^2(3) = \frac{(1 - 57.02)^2}{57.02} = 55.0375$$

$$X^2(4) = \frac{(138 - 166.91)^2}{133.91} = 5.0074$$

Con estos datos se construye la tabla de variables para el modelo de Poisson para la especie de Queñua.

Xi	Fi	P(x)	E(x)	X²
0	0	0.0200	2.88	2.88
1	3	0.0780	11.23	6.0314
2	2	0.1522	21.92	18.1025
3	1	0.3960	57.02	55.0375
4	138	1.1591	166.91	5.0074
Σ	144		259.96	87.0588

Luego se compara el valor de Chi-cuadrado $X^2 = 87.0588$ con el valor tabulado de Chi-cuadrado al 0.5% de probabilidad y con 4 grados de libertad para su posterior interpretación.

Distribución Binomial negativa.-Primeramente se calcula el parámetro K y la media aritmética, como ya tenemos la media solo calculamos el parámetro K, para este ejemplo seguimos utilizando la distribución de frecuencias del Queñua del bosque 2A3c.

$$K = \frac{(x)^2}{s^2 - x} = \frac{3.9028^2}{0.2401 - 3.9028} = -4.1586$$

Donde:

X= media de la distribución de especies

S²= varianza de la distribución de especies

Posteriormente se calcula las probabilidades de la distribución binomial negativa P(x), que es la probabilidad de encontrar los individuos x por unidad de muestreo. De la siguiente manera.

$$P(0) = \left[1 + \frac{x}{k}\right]^{-k} = \left[1 + \frac{3.9028}{-4.1586}\right]^{-(-4.1586)} = 9.1990 * 10^{-6}$$

$$P(1) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{k}{1}\right] P(0) = -15.2572 * [-4.1586/1] * 9.1990 * 10^{-6} = 0.0006$$

$$P(2) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{(k+1)}{2}\right] P(1) = -15.2572 * [-4.1586 + 1/2] * 0.0006 = 0.0145$$

$$P(3) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{(k+3-1)}{3}\right] P(2) = -15.2572 * [-4.1586 + 3 - 1/3] * 0.0145 = 0.1592$$

$$P(4) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{(k+4-1)}{4}\right] P(3) = -15.2572 * [-4.1586 + 4 - 1/4] * 0.1592 = 0.7035$$

Luego se calcula las frecuencias esperadas de binomial negativa $E(x)$, como se realizo para Poisson multiplicando la probabilidad de binomial negativa $P(x)$ con el número total de sitios de muestreo(n).

$$E(0) = (n) \times P(0) = 144 * 9.1990 * 10^{-6} = 0.00$$

$$E(1) = (n) \times P(1) = 144 * 0.0006 = 0.09$$

$$E(2) = (n) \times P(2) = 144 * 0.0145 = 2.09$$

$$E(3) = (n) \times P(3) = 144 * 0.1592 = 22.92$$

$$E(4) = (n) \times P(4) = 144 * 0.7035 = 101.30$$

Posteriormente como se realizo para Poisson se realiza la prueba estadística de Chi-cuadrada X^2 , esta prueba es usada para comparar las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas.

$$X^2(0) = \frac{(0 - 0.00)^2}{0.00} = 0.00$$

$$X^2(1) = \frac{(3 - 0.09)^2}{0.09} = 94.09$$

$$X^2(2) = \frac{(2 - 2.09)^2}{2.09} = 0.0039$$

$$X^2(3) = \frac{(1 - 22.92)^2}{22.92} = 20.9636$$

$$X^2(4) = \frac{(138 - 101.30)^2}{101.30} = 13.2961$$

Con estos datos se construye la tabla de variables para el modelo de binomial negativa para la especie de Queñua.

Xi	Fi	P(x)	E(x)	X²
0	0	9.1990*10 ⁻⁶	0.00	0.00
1	3	0.0006	0.09	94.09
2	2	0.0145	2.09	0.0039
3	1	0.1592	22.92	20.9636
4	138	0.7035	101.30	13.2961
Σ	144		126.4	128.3536

Luego se compara el valor de Chi-cuadrado $X^2 = 128.3536$ con el valor tabulado de Chi-cuadrado al 0.5% de probabilidad y con 4 grados de libertad para su posterior interpretación.