

APLICACIÓN DE ANÁLISIS MULTIVARIADO PARA EL ESTUDIO DE CALIDAD SITIO DE LOS BOSQUES DE PINO PÁTULA (*Pinus patula*) EN LAS FINCAS EL RECREO Y LA PALMA EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS

Fecha de Recepción: Enero 5 de 2007
Fecha de Aceptación: Febrero 9 de 2007

Luís Miguel Mejía Giraldo *
Luís Guillermo Quintero Estrada **

RESUMEN

La investigación se lleva a cabo con la ayuda de la reforestadora GUASIMO S.A. en dos fincas de su propiedad y de las cuales se quería estimar su productividad, ya que los encargados de los bosques no cuentan con el tiempo disponible para realizar unas evaluaciones satisfactorias que puedan demostrar cual es el estado actual de los bosques.

En el transcurso de esta investigación se toma unas variables representativas de la calidad de sitio y con las cuales por medio de programas estadísticos, se puede entender cual es el comportamiento de dichos bosques y así de una manera fácil y pedagógica, se pueden tomar los datos y determinar los momentos de corte en los lotes.

* Ingeniero Agrónomo, Especialista En Gestión Para El Desarrollo Empresarial. Profesor Universidades de Caldas (Manizales), Universidad La Gran Colombia (Armenia), Director de Grupo de Investigación para el Desarrollo Agroindustrial, GIDA

** Estudiante Grupo GIDA

ABSTRACT

The investigation is made with the help of the REFORESTADORA GUASIMO S.A. in two farms of its property and from which they wanted to estimate its productivity, because the people in charge of the forest don't have the available time to carry out some satisfactory evaluations that can demonstrate which is the current state of the forest.

During the course of this investigation, some representative variables of the site quality are taken, with which between statistical programs it can be understood which is the behaviour of this forest, and an easy and pedagogic way can take the data to determine the cutting moments in the fields.

INTRODUCCIÓN

La investigación "Aplicación de Análisis Multivariado para el estudio de Calidad sitio de los bosques de Pino Pátula en las fincas El Recreo y La Palma en el Departamento de Caldas" se llevó a cabo con base en la aplicación de la metodología estadística de Aplicación de Análisis Factorial de Correspondencias múltiples y Multivariado de Varianza para el estudio de Calidad sitio de los bosques de Pino Pátula, con base en la detección y análisis de las variables explicatorias representativas de la Calidad de Sitio de tales bosques, evaluando además los grados de Covarianza y Correlación de dichas variables, estableciendo posibles parámetros de productividad de los bosques bajo estudio y determinando en última instancia unas medidas para la extracción de madera, sin causar efectos detrimentales sobre el medio ambiente.

Los bosques, históricamente, han sido utilizados como un medio para la extracción de madera; sin embargo, en Colombia no existe reporte alguno sobre sistemas de análisis basados en aspectos como la Calidad de sitio sustentado en sistemas de análisis estadístico confiables y validos.

El objetivo general, que se tiene está basado en el estudio de Calidad de Sitio de los bosques de Pino Pátula (*Pinus patula*), en las fincas El Recreo y La Palma en el Departamento de Caldas; y como objetivos específicos: 1) Establecer a través de Análisis Factoriales de Correspondencias Múltiples las variables explicatorias más representativas de la Calidad de Sitio para los bosques de Pino Pátula en las fincas El Recreo y La Palma en el Departamento de Caldas. 2) Evaluar los Grados de Covariación y Correlación de las variables Explicatorias. 3) Determinar a través de Análisis Multivariados de Varianza la Calidad de Sitio en los bosques en función de las variables concomitantes. 4) Determinar la productividad de los bosques de Pino Pátula en las fincas El Recreo y La Palma en el Departamento de Caldas, en función de la Calidad de Sitio; con base en las variables Biométricas y factores ambientales bajo estudio.

REVISIÓN DE LITERATURA ANÁLISIS MULTIVARIADOS

Según (PLA, 1986). Existen varios tipos de métodos multivariados, de los cuales se describe cortamente el fundamento de los más usados. **REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE:** el funda-

mento es el de la regresión lineal simple, pero la diferencia es que se estudia la relación entre dos o más variables independientes, con una o más variables dependientes, hallándose el R^2 que las asocia, estableciéndose así un modelo predictivo lineal. **REGRESIÓN LOGÍSTICA:** Se fundamenta en la estimación de una variable de respuesta con base en variables dicotómicas. Se utiliza mucho para investigar a variables predictivas de un evento determinado en la población y para la confección de modelos de scores de probabilidad. **ANÁLISIS DISCRIMINANTE:** Discrimina la pertenencia de un elemento a diferentes grupos dentro de una muestra, asignándole diferentes pesos a cada variable independiente analizada y estableciendo su relación con una variable dependiente categórica nominal u ordinal generalmente. **CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DE UN GRUPO DE INDIVIDUOS.** Este procedimiento, extremadamente potente, proporciona la caracterización automática de grupos asociados a una variable nominal mediante variables continuas y modalidades de variables nominales, organizadas en orden de importancia. Un procedimiento análogo proporciona la caracterización automática de clases de una partición, que pueden igualmente caracterizarse por los ejes factoriales (Crivisqui, 1994). **ANÁLISIS MULTIVARIADOS DE VARIANZA.** Según (Morineau y Aluja, 1994), los análisis multivariados de varianza son una técnica usada para determinar diferencias del grupo, a través de variables dependientes métricas múltiples simultáneamente, basado en un sistema de variables (no-métricas) categóricas que actúan como variables independientes. El análisis multivariado de varianza posee la propiedad de poder enfrentar a diferentes variables o factores independien-

tes, con una o más variables dependientes. Este se divide en dos clases: Los métodos que asumen dependencia y que usan como técnicas principales los modelos de regresión (simple y múltiple), el análisis de segmentación y el análisis discriminante; y los métodos que no asumen dependencia, cuyas técnicas principales son los modelos factoriales, de clasificación y el análisis exploratorio de datos. El análisis multivariado es útil para explicar relaciones entre una gran cantidad de indicadores o para explorar relaciones no conocidas entre estos. Sus herramientas aportan un gran valor antes y después del análisis univariado y bivariado, siendo sensiblemente más complejos. **CALIDAD DE SITIO** El desarrollo de la Calidad de Sitio de plantaciones esta sin duda basada en la productividad y retribuciones económicas que ésta le pueda dar al inversionista. Como opción del uso de la tierra, la forestería compite con los cultivos anuales, ganadería, y otras, que muchas veces tienen flujos financieros más atractivos y retribuciones a un mucho menor plazo. El retorno económico a mediano y largo plazo (entre 12 y 25 años dependiendo de la especie, calidad de sitio y los objetivos de producción), le exigen a la actividad de plantaciones forestales niveles altos de rentabilidad y en especial, de garantía de logro de objetivos de producción. Bajo estas condiciones es hoy día imprescindible contar con instrumentos y herramientas que le permitan al silvicultor evaluar a temprana edad, el estado de la calidad de sitio de una plantación forestal, o de las labores silviculturales realizadas y no esperar hasta el momento de la cosecha final para encontrarse con que no se logró alcanzar las metas de producción esperadas. Bajo estos principios se inició el desarrollo de una metodología para la evaluación de

plantaciones forestales (Camacho y Murillo, 1992). En general, su mayor aporte está en que le permite al silvicultor poder separar con un nivel alto de certeza, los efectos que pudo haber ocasionado una mala asistencia técnica a la plantación (efecto silvicultural), del uso de material inicial (semilla) de mala calidad para ese sitio (efecto genético). El impacto en la calidad de la reforestación por el uso de semilla no seleccionada ha sido ya investigado y divulgado en el país (Murillo, 1991). Se presenta en forma detallada los procedimientos del sistema de muestreo, intensidad de muestreo, fijación de las parcelas circulares y optimización del tamaño de la parcela de muestreo, según las distintas condiciones de plantaciones forestales. Con base en experiencias realizadas en el país, continúa el desarrollo de la metodología con la descripción de como valorar cada una de las variables individuales a evaluar en el árbol y se describe también la utilización de la variable compuesta (denominada calidad del árbol), la cual reúne las características de mayor peso en la determinación de la calidad de un árbol con fines de producción de madera para aserrío. Entre otras variables se incluyen: presencia de bifurcación, ángulo de inserción de ramas, rectitud de fuste, sanidad de fuste, presencia de grano en espiral, presencia de cola de zorro, e inclinación del fuste. La variable compuesta o calidad del Sitio presenta cuatro categorías a saber: Calidad 1 o sobresaliente, Calidad 2 o aceptable, Calidad 3 o marginal y Calidad 4 o árbol no aserrable. La metodología permite no solo que se califique con esta variable al árbol completo, sino que también cada una de sus primeras cuatro trozas, según sean las necesidades y detalle de información requeridos. La metodología incluye también la valora-

ción del área efectiva bajo plantación como uno de sus más importantes aportes. Se continúa con el análisis estadístico de las variables, separando entre variables discretas y continuas, así como su debida interpretación.

MATERIALES Y METODOS Para realizar el estudio de la Calidad de sitio a través de Análisis Multivariado de Varianza, la metodología a aplicar fue: **RECONOCIMIENTO DE LOS BOSQUES**. Se basó en la determinación de las características de los bosques bajo estudio, definir la ubicación geográfica de los mismos y la delimitación espacial que poseen.

PLANIFICACIÓN DEL MUESTREO PARA LAS VARIABLES A EVALUAR. A través del uso de mapas de los bosques y previo reconocimiento de los mismos, se planificó el muestreo a seguir para la recolección de datos de campo. Este muestreo se definió como muestreo estratificado para variables cuantitativas continuas, con una muestra a tomar de 15 árboles, una significancia del 5 % y una media de anchura de 10 a 12 cm., dada la naturaleza de las variables por ser de carácter cuantitativo continuo. **RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y DATOS EN LOS BOSQUES.** En esta fase se construyen los instrumentos para la recolección de datos de los bosques, en función de los parámetros de muestreo planificados con antelación. Esto se realiza una vez por bosque con el fin de determinar la Calidad de Sitio en un periodo determinado del año. **CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS BOSQUES.** Se diseñó una base de datos que sirve de soporte para los sistemas de análisis de información, bajo un sistema de hoja electrónica. **APLICACIÓN DE LOS ANÁLISIS MULTIVA-**

RIADOS. Por medio de Análisis Factoriales de Correspondencias Múltiples, se determina el comportamiento de las variables que influyen en el sistema y que sirven como parámetro inicial de selección para el establecimiento de la Calidad de Sitio, dichas variables se tratan como variables activas al interior de dicho análisis factorial.

ESTABLECIMIENTO DE FILTRO DE VARIABLES CONCOMITANTES. Después de hacer la selección de variables, por medio de Análisis Factoriales se apli-

caron pruebas con base en análisis de Correlación y Covarianza, para determinar el grado de asociación de variables y el rol que estas asumen en la determinación de la Calidad de sitio de los bosques, con base en la clasificación de las variables activas que mayor aporte brindan a la inercia al interior de los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de correspondencias múltiples se observo que las variables activas fueron:

Tabla número 1: Análisis de Correspondencias Múltiples.

```

ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES
APUREMENT DES MODALITES ACTIVES
SEUIL (PCMIN) : 2.00 % POIDS: 0.22
AVANT APUREMENT : 8 QUESTIONS ACTIVES 38 MODALITES ASSOCIEES
APRES : 8 QUESTIONS ACTIVES 32 MODALITES ASSOCIEES
POIDS TOTAL DES INDIVIDUS ACTIFS : 11.00
TRI-A-PLAT DES QUESTIONS ACTIVES
    
```

IDENT	MODALITES LIBELLE	AVANT APUREMENT		APRES APUREMENT		HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS
		EFF.	POIDS	EFF.	POIDS	
1 . localidad						
AA_1	- neira	6	6.00	6	6.00	*****
AA_2	- guano	5	5.00	5	5.00	*****
2 . pab						
AB_1	- pab000	3	3.00	3	3.00	*****
AB_2	- pab0100	3	3.00	3	3.00	*****
AB_3	- pab100120	4	4.00	4	4.00	*****
AB_4	- pab120140	1	1.00	1	1.00	*****
AB_5	- pab140160	0	0.00			
3 . par						
AC_1	- par000	2	2.00	2	2.00	*****
AC_2	- par0100	5	5.00	5	5.00	*****
AC_3	- par100120	2	2.00	2	2.00	*****
AC_4	- par120140	1	1.00	1	1.00	*****
AC_5	- par140160	0	0.00			
3_	- reponse manquante	1	1.00	1	1.00	*****
4 . pah						
AD_1	- pah000	3	3.00	3	3.00	*****
AD_2	- pah0100	5	5.00	5	5.00	*****
AD_3	- pah100120	2	2.00	2	2.00	*****
AD_4	- pah120140	1	1.00	1	1.00	*****
5 . pag						
AE_1	- pag000	4	4.00	4	4.00	*****
AE_2	- pag0100	5	5.00	5	5.00	*****
AE_3	- pag100120	1	1.00	1	1.00	*****
AE_4	- pag120140	1	1.00	1	1.00	*****
6 . pac						
AF_1	- pac000	4	4.00	4	4.00	*****
AF_2	- pac0100	5	5.00	5	5.00	*****
AF_3	- pac100120	1	1.00	1	1.00	*****
AF_4	- pac120140	1	1.00	1	1.00	*****
7 . ahpr						
AG_1	- ahpr1.31.6	1	1.00	1	1.00	*****
AG_2	- ahpr1.61.9	3	3.00	3	3.00	*****
AG_3	- ahpr1.92.2	3	3.00	3	3.00	*****
AG_4	- ahpr2.22.5	1	1.00	1	1.00	*****
AG_5	- ahpr2.53.0	3	3.00	3	3.00	*****
8 . apr						
AH_1	- apr70	3	3.00	3	3.00	*****
AH_2	- apr75	1	1.00	1	1.00	*****
AH_3	- apr80	3	3.00	3	3.00	*****
AH_4	- apr90	4	4.00	4	4.00	*****
0_	- reponse manquante	0	0.00			

Esta tabla nos indica que para el perímetro a la altura de la base (pab), la medida mas preponderante es la de 100 a 120 cm., para el perímetro a la altura de la rodilla (par), para el perímetro a la altura de la ingle (pah), el perímetro a la altura del pecho (pap) y el perímetro a la altura de la cabeza (pac) las medidas mas preponderantes fueron entre 80 y 100 cm.; lo que nos esta indicando que solo en el pab es donde se presenta mayor grosor y a partir del par se estabiliza el volumen de la troza; además se analizo la va-

riable altura de la base a la primera ramificación (abpr) donde las mayores tendencias estuvieron representadas por las alturas de 1.6 a 1.9 m; de 1.9 a 2.2 m y de 2.5 a 3 m; es decir, que las alturas preponderantes para abpr son las que sobrepasan la altura del pecho y el ángulo de la primera ramificación es de 90°, recordándose la importancia de ésta para el corte y comercialización de las ramas, ya que de no presentarse este ángulo la troza puede ser defectuosa por las cicatrices que se pueden causar.

Tabla número 2: Histograma de Frecuencias.

```

VALEURS PROPRES
APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACÉ AVANT DIAGONALISATION .. 3.0000
                                         SOMME DES VALEURS PROPRES .... 3.0000
HISTOGRAMME DES 10 PREMIERES VALEURS PROPRES
+-----+-----+-----+-----+-----+
| NUMERO | VALEUR | POURCENT. | POURCENT. |
|   | PROPRE |   | CUMULE |
+-----+-----+-----+-----+
| 1 | 0.8065 | 26.88 | 26.88 | *****
| 2 | 0.7006 | 23.35 | 50.24 | *****
| 3 | 0.5124 | 17.08 | 67.31 | *****
| 4 | 0.2750 | 9.17 | 76.48 | *****
| 5 | 0.2381 | 7.94 | 84.42 | *****
| 6 | 0.1676 | 5.59 | 90.01 | *****
| 7 | 0.1450 | 4.83 | 94.84 | *****
| 8 | 0.0796 | 2.65 | 97.49 | *****
| 9 | 0.0539 | 1.80 | 99.29 | *****
| 10 | 0.0213 | 0.71 | 100.00 | ***
+-----+-----+-----+-----+
    
```

Al analizar el histograma se observa que se tienen dos planos factoriales claramente debido a que el porcentaje acumulado es de 50.24%, además se observan dos rachas fuertemente mar-

cadadas como se aprecia en los diferentes sistemas de análisis, es decir, que se van a analizar dos planos factoriales.

Tabla Número 3: Contribuciones y Cosenos Cuadrados de las Modalidades Activas.

COORDONNÉES, CONTRIBUTIONS ET COSINUS CARRÉS DES MODALITÉS ACTIVES
AXES 1 A 5

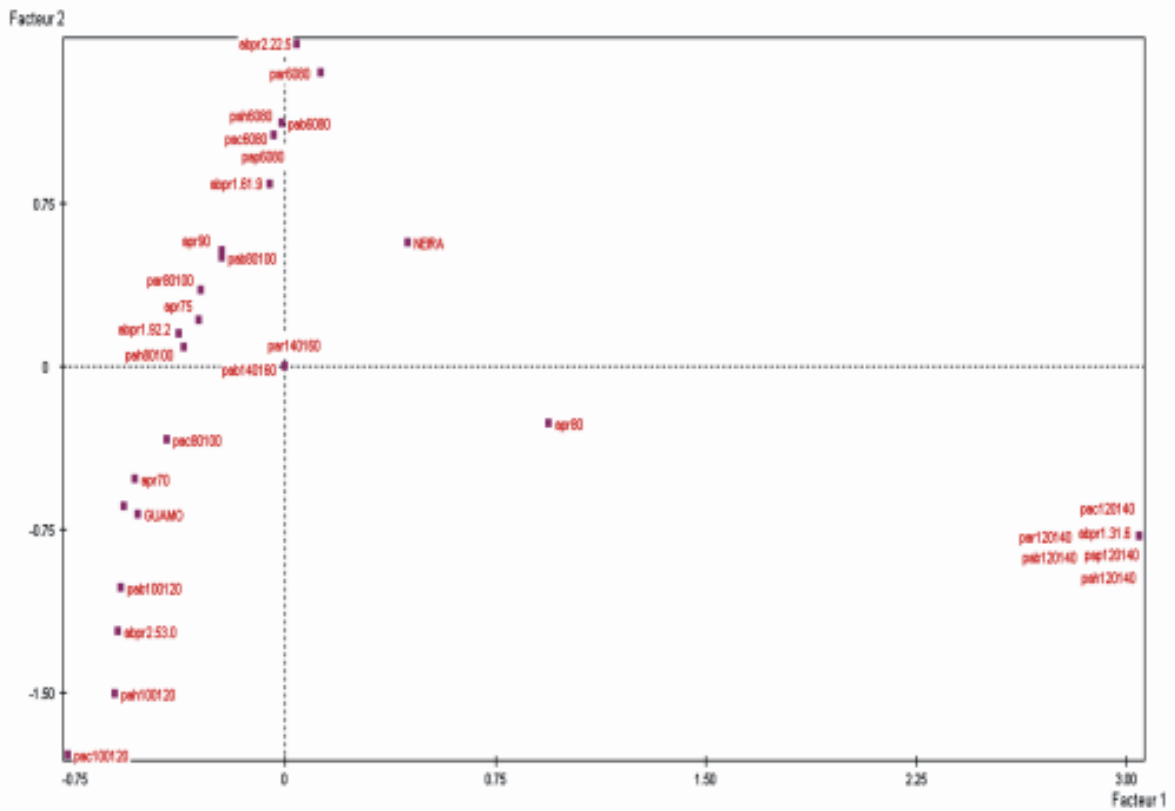
IDEN - LIBELLE	P.REL	DISTO	COORDONNÉES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRÉS				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. localidad																	
AA_1 - neira	6.82	0.83	0.44	0.57	-0.20	-0.13	0.45	1.6	3.2	0.5	0.4	5.9	0.23	0.39	0.05	0.02	0.25
AA_2 - guamo	5.68	1.20	-0.52	-0.68	0.24	0.15	-0.54	1.9	3.8	0.6	0.5	7.0	0.23	0.39	0.05	0.02	0.25
CONTRIBUTION CUMULEE = 3.6 6.9 1.1 0.9 12.9																	
2. pab																	
AE_1 - pab6080	3.41	2.67	-0.01	1.12	1.01	0.23	-0.45	0.0	6.1	6.8	0.7	2.9	0.00	0.47	0.38	0.02	0.08
AE_2 - pab80100	3.41	2.67	-0.23	0.50	-1.14	0.06	0.99	0.2	1.2	8.6	0.0	14.1	0.02	0.09	0.48	0.00	0.37
AE_3 - pab100120	4.55	1.75	-0.58	-1.02	0.13	-0.25	-0.38	1.9	6.7	0.1	1.0	2.8	0.19	0.59	0.01	0.04	0.08
AE_4 - pab120140	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.2 15.0 15.5 1.8 19.9																	
3. par																	
AC_1 - par6080	2.27	4.50	0.13	1.35	1.18	-0.53	-0.08	0.0	5.9	6.2	2.3	0.1	0.00	0.41	0.31	0.06	0.00
AC_2 - par80100	5.68	1.20	-0.30	0.35	-0.69	0.61	0.12	0.6	1.0	5.3	7.6	0.3	0.08	0.10	0.40	0.31	0.01
AC_3 - par100120	2.27	4.50	-0.61	-1.51	0.93	-0.12	0.61	1.0	7.4	3.9	0.1	3.5	0.08	0.51	0.19	0.00	0.08
AC_4 - par120140	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
3 - reponse manquante	1.14	10.00	-0.57	-0.65	-0.64	-1.85	-1.53	0.5	0.7	0.9	14.1	11.2	0.03	0.04	0.04	0.34	0.23
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.3 15.9 16.3 24.2 15.2																	
4. pah																	
AD_1 - pah6080	3.41	2.67	-0.01	1.12	1.01	0.23	-0.45	0.0	6.1	6.8	0.7	2.9	0.00	0.47	0.38	0.02	0.08
AD_2 - pah80100	5.68	1.20	-0.36	0.09	-0.95	-0.12	0.05	0.9	0.1	10.0	0.3	0.1	0.11	0.01	0.75	0.01	0.00
AD_3 - pah100120	2.27	4.50	-0.61	-1.51	0.93	-0.12	0.61	1.0	7.4	3.9	0.1	3.5	0.08	0.51	0.19	0.00	0.08
AD_4 - pah120140	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.0 14.5 20.7 1.1 6.5																	
5. pap																	
AE_1 - pap6080	4.55	1.75	-0.04	1.06	0.62	0.10	0.02	0.0	7.3	3.4	0.2	0.0	0.00	0.64	0.22	0.01	0.00
AE_2 - pap80100	5.68	1.20	-0.42	-0.33	-0.77	-0.22	-0.28	1.3	0.9	6.5	1.0	1.9	0.15	0.09	0.49	0.04	0.07
AE_3 - pap100120	1.14	10.00	-0.78	-1.79	1.49	0.59	1.44	0.8	5.2	4.9	1.4	9.8	0.06	0.32	0.22	0.03	0.21
AE_4 - pap120140	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.2 14.4 14.8 2.7 11.8																	
6. pac																	
AF_1 - pac6080	4.55	1.75	-0.04	1.06	0.62	0.10	0.02	0.0	7.3	3.4	0.2	0.0	0.00	0.64	0.22	0.01	0.00
AF_2 - pac80100	5.68	1.20	-0.42	-0.33	-0.77	-0.22	-0.28	1.3	0.9	6.5	1.0	1.9	0.15	0.09	0.49	0.04	0.07
AF_3 - pac100120	1.14	10.00	-0.78	-1.79	1.49	0.59	1.44	0.8	5.2	4.9	1.4	9.8	0.06	0.32	0.22	0.03	0.21
AF_4 - pac120140	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.2 14.4 14.8 2.7 11.8																	
7. abpr																	
AG_1 - abpr1.31.6	1.14	10.00	3.05	-0.78	-0.13	0.13	-0.10	13.1	1.0	0.0	0.1	0.0	0.93	0.06	0.00	0.00	0.00
AG_2 - abpr1.61.9	3.41	2.67	-0.05	0.84	-0.23	-0.41	0.92	0.0	3.4	0.4	2.1	12.0	0.00	0.26	0.02	0.06	0.31
AG_3 - abpr1.92.2	3.41	2.67	-0.38	0.15	-0.56	1.31	-0.65	0.6	0.1	2.1	21.2	6.1	0.05	0.01	0.12	0.64	0.16
AG_4 - abpr2.22.5	1.14	10.00	0.04	1.48	1.27	-0.72	-0.37	0.0	3.5	3.6	2.1	0.6	0.00	0.22	0.16	0.05	0.01
AG_5 - abpr2.53.0	3.41	2.67	-0.60	-1.22	0.41	-0.70	-0.11	1.5	7.2	1.1	6.0	0.2	0.13	0.56	0.06	0.18	0.00
CONTRIBUTION CUMULEE = 15.2 15.3 7.2 31.6 19.0																	
8. apr																	
AH_1 - apr70	3.41	2.67	-0.54	-0.52	0.48	1.15	-0.32	1.2	1.3	1.6	16.4	1.5	0.11	0.10	0.09	0.50	0.04
AH_2 - apr75	1.14	10.00	-0.31	0.21	-1.63	1.07	0.43	0.1	0.1	5.9	4.7	0.9	0.01	0.00	0.27	0.11	0.02
AH_3 - apr80	3.41	2.67	0.94	-0.26	0.44	-0.35	-0.04	3.7	0.3	1.3	1.5	0.0	0.33	0.03	0.07	0.05	0.00
AH_4 - apr90	4.55	1.75	-0.23	0.53	-0.29	-0.87	0.16	0.3	1.8	0.7	12.4	0.5	0.03	0.16	0.05	0.43	0.02
CONTRIBUTION CUMULEE = 5.4 3.5 9.5 35.0 2.9																	

SOPHIA - SOPHIA

El eje x se caracteriza por poseer plantas de perímetros robustos y una abpr media, mientras que el eje y se caracteriza por tener perímetros medios y una abpr alta esto es posible por cambios en la densidad de población debidos a las entresacas que pueden haber alterado la elongación, donde a menor entresaca mayor competencia entre plantas y por ende mayor elongación de las mismas, por eso los perímetros más delgados. Si se realiza una mayor entresaca la radiación solar se distribuye de una manera más homogénea y esto causa que los árboles presenten un perímetro mayor. Esto explica como el eje x

difiere significativamente del eje y de 20 a 40 cm. Cuando se analiza el plano factorial (grafica N°. 1) se aprecia claramente dicho efecto, donde las plantas mas robustas son las que mas aportaron a la inercia, es decir, que la tendencia es a plantas con perímetros mas delgados, eso se presenta tanto en el Guamo como en Neira; sin embargo en el Guamo se presentan con mayor frecuencia o de manera mas marcada que en Neira, no obstante en Neira se presentan los perímetros mas delgados, pero esto no interfiere en los análisis debido a su cercanía con elcentroide.

Gráfica Número 1: Plano Factorial de las Localidades y sus respectivas Variables.



ΣΟΦΙΑ - SOPHIA

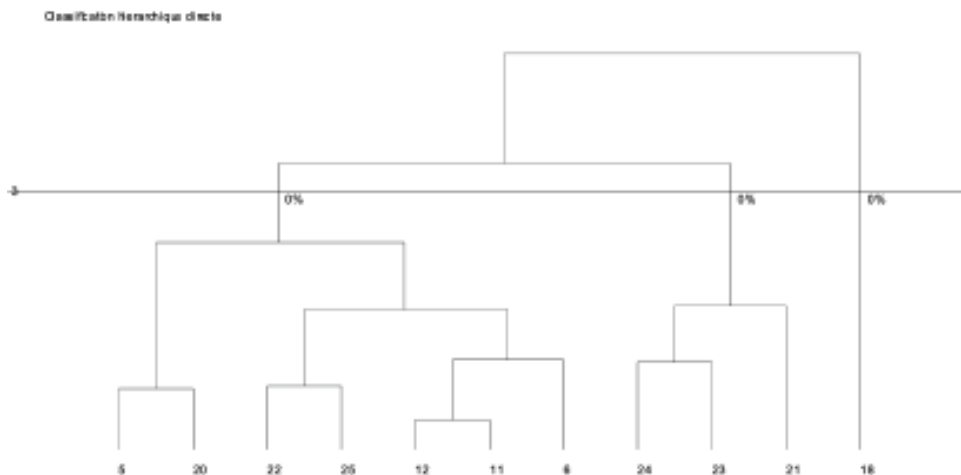
8.1 ANÁLISIS DE CLUSTERS

Quando se revisa el análisis de Clusters, se observan tres cortes de los mismos, es decir, 3 clasificaciones como se puede observar en la grafica; donde el primer y tercer Cluster respectivamente, no presentan una clara caracterización lo que se puede deber a una alteración en los resultados, mientras que el segundo Cluster se caracteriza por una abpr de 2.5 a 3 m., este segundo cluster se caracteriza principalmente por referirse al Guamo; sin embargo las variables son tan similares entre todos los análisis realizados, tanto en el Guamo como en Neira que hace que no se marque una fuerte tendencia en la caracterización

de las clasificaciones. Cuando se analiza el Guamo ya de manera discriminada, se puede observar que este se caracteriza principalmente por plantas con un pab de 100 a 120 cm. donde par, pah esta entre 80 a 100 cm. y de 100 a 120 cm., pap y pac de 80 a 100 cm., la abpr es de 2.5 a 3 m y el apr es de 70° es decir, que no genera el ángulo perfecto de los 90°. Con esto se puede determinar que la plantación del Guamo, es una plantación en la que se esta generando una alta competencia entre plantas y por ende un engrosamiento cada vez mas bajo, así como se aprecia también en su plano factorial, el cual esta conformado a su vez por dos planos como tales, donde se aporta el 73.84%. En este aná-

El eje x se caracteriza por tener perímetros bajos, mientras que el eje y se caracteriza por tener perímetros medios y ángulos de 90° como lo muestra el respectivo plano factorial.

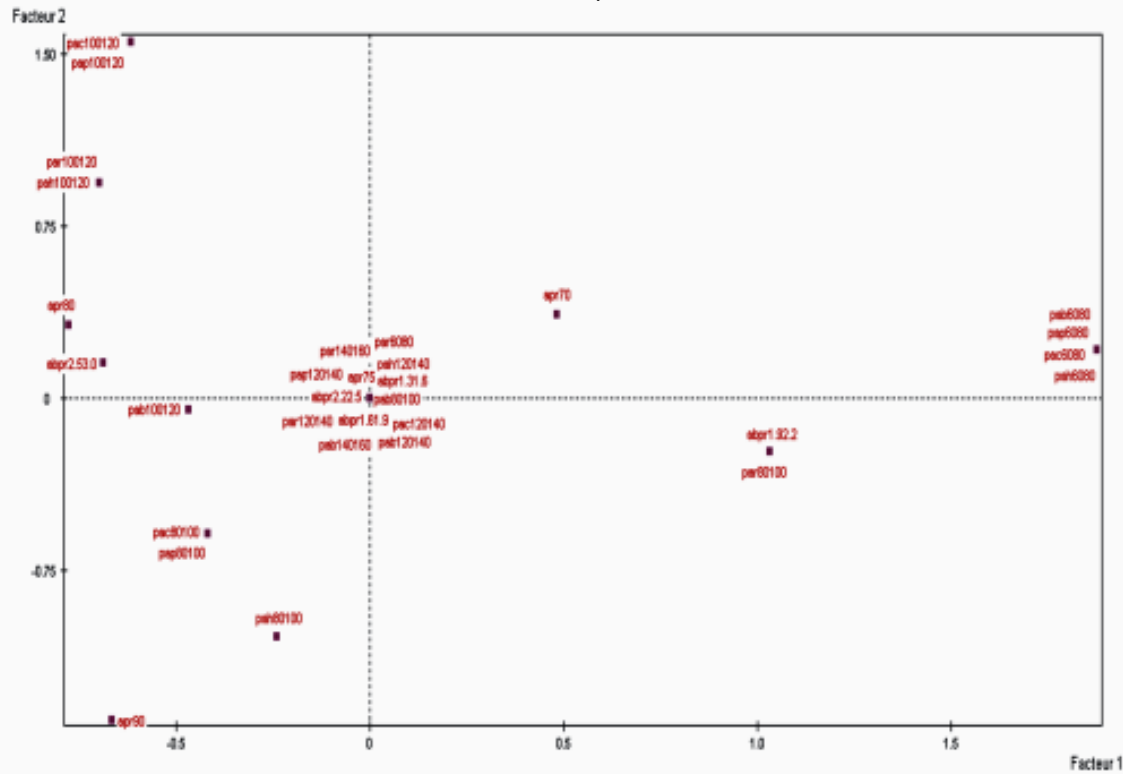
Gráfica Número 2: Análisis de Cluster.



Al analizar el municipio de Neira se observa que las tendencias para pab, par, pah son de 80 a 100 cm., para pap y pac de 60 a 80 cm., para abpr de 1.6 a 1.9 m y al apr es de 90°, esto quiere decir que Neira, presenta tendencias medias de producción de biomasa con relación a sus perímetros. Su respectivo histograma se aprecia que se trabaja con dos planos factoriales donde ambos corresponden a un porcentaje acumulado del 77.49%, donde el eje x se caracteriza por perímetros altos y abpr de 1.3 a 1.6 m y el eje y se caracteriza por perímetros bajos y abpr alta y un apr de 75°.

De lo anterior se puede discutir que si analizamos ambos en paralelo; el Guamo tiende a tener perímetros bajos a medios, mientras que Neira presenta perímetros de bajos a altos, es decir, que si analizamos la calidad de sitio en función de los perímetros estarán mejor adaptadas las plantas a Neira que al Guamo, no solamente por sus perímetros, sino por la abpr donde posiblemente se de esta respuesta por la baja competencia entre plantas por factores ambientales; es de resaltar que en el Guamo la primera ramificación se genera a 90° mientras que en Neira se genera a los 70° (Gráfica No. 3).

Gráfica Número 3: Plano Factorial Para el Municipio de Neira



8.2 ANÁLISIS MULTIVARIADOS DE VARIANZA (Manova).

Para realizar el Manova es necesario realizar el Anava para cada variable; para el pac se observa que el efecto no es significativo dado que su p-value es igual a 0.2777. Para el caso de pah el efecto tampoco es significativo dado que la significancia es de 0.8004. El caso de pap no es diferente, ya que no se encuentra efecto significativo debido a que el p-value es de 0.4022. Cuando se analiza par el modelo tampoco es significativo debido a que su p-value es de 0.6729. El caso de pat tampoco es significativo, dado que el p-value es de 0.6255. Abpr tampoco es significativa dado que su p-value es de 0.9377. Lo cual indica que cuando analizamos cada variable independientemente en función del sitio (Guamo o Neira) no se ejerce efecto significativo

alguno. Ya cuando se realiza el Manova se observa que el Lamda de Wilks es de 0.504767 con una significancia de 0.000562525; es decir que la Manova es altamente significativa lo que indica que al analizar las variables se deben analizar en conjunto y en función del sitio exclusivamente.

Tabla Número 3.

Análisis Multivariado de Varianza) MANOVA for A

Wilks' lambda = 0,504767 F = 5,39612 P-value = 0,000562525
 Pillai trace = 0,495233 F = 5,39612
 P-value = 0,000562525
 Hotelling-Lawley trace = 0,981112 F = 5,39612 P-value = 0,000562525
 Roy's greatest root = 0,981112 s = 1
 m = 2,0 n = 15,5

CONCLUSIONES

1. El municipio de Neira es aquel que presenta mejores condiciones ambientales para la producción de Pino Pátula (*Pinus patula*).
2. A medida que la plantación madura se debe tener en cuenta la altura a la cual se realice la medición del perímetro de los árboles.
3. La entresaca influye ostensiblemente sobre los perímetros de las plantas.
4. Los Análisis Factoriales permiten una detección adecuada de la calidad de sitio.
5. Cada vez que se realicen estudios de calidad de sitio deben llevarse a cabo con base en la evaluación de los diferentes perímetros.
6. Los Análisis Multivariados de Varianza permiten un análisis preciso sobre la correlación de las diferentes variables y de cómo factores categóricos como es el sitio (Guamo y Neira) afectan los diferentes perímetros y en última instancia el volumen de troza.
7. El análisis de Varianza cuando se realiza para una variable independientemente es muy probable que no se encuentre efecto significativo; pero cuando integramos diferentes variables dependientes en función de una o más variables cualitativas se puede observar una dinámica que puede ser altamente significativa.
8. Para la construcción del Análisis Multivariado de Varianza se deben utilizar los diferentes perímetros y el ángulo de inserción de la primera ramificación en función de las localidades de Neira y el Guamo dado que son variables de comportamientos diferentes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios donde la calidad de sitio, no solamente este en función de los perímetros, las alturas de la base y los ángulos de inserción de las primeras ramificaciones, sino también por factores ambientales como temperatura ambiental, humedad relativa, pH del suelo, factores de macro y micro nutrientes, entre otros aspectos.
2. Se recomienda hacer este tipo de investigaciones no solamente para especies introducidas como el Pino Pátula (*Pinus patula*), sino también para especies que son propias de la región.
3. Se deben realizar Análisis Multivariados de Varianza no solamente teniendo en cuenta los diferentes perímetros sino otros factores que pueden influir en el desarrollo de las plantas.
4. establecer un modelo para la predicción de la biomasa en función de los diferentes perímetros y en función de la altura de la base a la primera ramificación.

BIBLIOGRAFÍA

CAMACHO, P. 1995. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales en la Región Huerta Norte de Costa Rica. COSEFORMA. Documento de Proyecto No. 43. Alajuela, Costa Rica. 75 p.

MORINEAU, Alan y ALUJA, Tomas. Analisis de Correspondencias. Santa Fe de Bogota : UN de colombia. 1994. p.67.

MURILLO, L.F., HERNÁNDEZ, X. y MURILLO, O. 1996. Evaluación de la calidad de plantaciones de ciprés (Cupressus lusitanica Mill.) en el Valle del Guarco, Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense 20: 17-24.

PLA, L.E. Análisis multivariado. Método de componentes principales y correspondencias múltiples. PDCT, Washington D.C. 1986