

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**DETERMINACION DE LA REGENERACION Y DIVERSIDAD DEL GENERO
Pinus EN LAS BAYAS MPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO**

PRESENTADA POR:

ROBERTO LUÉVANO ESCOBEDO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO**

MARIN, N.L.

MAYO DEL AÑO 2006

**DETERMINACIÓN DE LA REGENERACION Y DIVERSIDAD
DEL GENERO *Pinus* EN LAS BAYAS MPIO DE PUEBLO NUEVO,
DURANGO, MÉXICO**

Aprobación de la tesis

Ph D. GUSTAVO A MARTINEZ TURANZAS

Ph D. GERARDO DE LIRA REYES

Ph D. EMLIO OLIVARES SAENZ

DCs. HUMBERTO RODRÍGUEZ FUENTES

DR. WALTER RITTER ORTÍZ

Ph. D. CIRO G. S. VALDÉS LOZANO
SUBDIRECTOR DE LA DEP FAUANL

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León

Mayo 2006, Marin, NL.

Este Trabajo de Investigación fue realizado por integrantes del Cuerpo Académico (Promep) Ambiente y Sustentabilidad que comprende las siguientes líneas de investigación.

Nombre de la línea	Descripción
Desarrollo y mejora de técnicas de producción de cultivos	Desarrollar técnicas de manejo de producción de cultivos y relacionarlos con modelos matemáticos con énfasis en invernaderos e hidroponía, evaluando el uso de sustratos regionales, el manejo de la fertirrigación, el reciclaje de soluciones nutritivas y los estudios sobre fisiología de las plantas.
Degradación y remediación de ecosistemas naturales y urbanos	Generar y aplicar conocimientos específicos en el área de ecología de áreas degradadas que contribuyan a una eficiente planificación y administración de la sustentabilidad del ambiente y recursos naturales.
Microbiología cuantitativa e inocuidad alimentaria	El planteamiento de modelos de simulación para predecir el comportamiento de procesos microbiológicos que ocurren en la naturaleza ha dado lugar a la microbiología cuantitativa, ejemplo de su aplicación es la simulación del comportamiento de pantanos construidos para remover la carga de microorganismos del agua residual, trazar el movimiento de microorganismos en medios porosos y la incorporación de ecuaciones de crecimiento bacterial al diseño de biorreactores, entre otros.
Tecnología aplicada a la remediación del suelo, agua y alimento	Investigar la contaminación de los metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas agrícolas en suelo, agua y alimentos, los cuales presentan el riesgo que al ingresar a las redes tróficas afectan negativamente la vida de los ecosistemas, en esta línea se consideran tecnologías de biodegradación y bioextracción con alternativas de la biorremediación.

Integrantes del Cuerpo Académico Ambiente y Sustentabilidad

Ph. D. Juan Antonio Vidales Contreras
 Dr. Sc. Karim Acuña Askar
 Dr. Cs. Humberto Rodríguez Fuentes
 Ph. D. Gustavo Ángel Martínez Turanzas

Este trabajo fue realizado en su parte de campo en el predio particular las Bayas
propiedad de la Universidad Juárez del Estado de Durango

y

En el Laboratorio de Teledetección y de Suelos de la

Facultad de Agronomía, de la U. A. N. L.

**Si la Vida es la Esencia del Universo y Evoluciona tan lento, porqué se
Autoregula?**

Roberto Luévano Escobedo

**El sistema debe ser estudiado en su totalidad aunque sea toscamente, porque la
suma de los estudios parciales de un sistema complejo no lineal (ecosistemas) dan
una idea errónea del comportamiento del todo.**

Walter Ritter Ortíz

DEDICATORIA

Por que siempre han estado a mi lado y jamás me han olvidado

A ti... **Gracias Dios**

A mis amados Padres †

Doña Vicenta Escobedo Buendía

Y

Don Julián Luévano Silva

Para mi muy amada esposa

MariAna

Por compartir su tiempo a mis locuras de la ciencia

Con gran cariño a mis amadas Hijas:

Karla Olimpia, Artemisa y Ana Ceres

Sin ellas este estudio no tenía razón de ser

A mi familia muy querida: Rafaela†- Roberto -Mónica -Agüita.

A mis Hermanos y amados sobrinos.

De manera especial a:

Karla Olimpia Luévano - Walter Ritter

Emilio Olivares - Gustavo Martínez

Gerardo de Lira - Humberto Rodríguez

Javier Colín Negrete

Por su paciencia y amistad, que sin su apoyo jamás hubiese estado cerca del sabor tan exquisito de la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Al C. Rector Cp. Rubén Calderón Luján, por su esfuerzo y apoyo de mejorar la condición académica de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Al MA. Esteban Pérez Canales, director del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, de la UJED, por su apoyo incondicional para esta formación invaluable.

Al MA José A. Quiroz Arratia, por el apoyo incondicional para la realización de este estudio.

Al Dr. Walter Ritter Ortiz, por ser mi tutor y tenerme como amigo e integrarme en su equipo de investigación y dedicarme un enorme tiempo para entender el misterioso proceso de la vida, y dirigir tan finamente mi trabajo.

Al Ph D. Gustavo Ángel Martínez Turánzas, que sin el apoyo incondicional, dirección y formación, el estudio no hubiese logrado los frutos obtenidos y particularmente por concederme lo más preciado de la vida su amistad.

Al Ph D. Gerardo de Lira Reyes, por tenerme de amigo, por llevarme a ese maravilloso viaje espacial, por soportar mis locuras científicas y dirigirlas.

Al DCs Humberto Rodríguez Fuentes, por tenerme de amigo, por su apoyo en el desarrollo del trabajo conceptual.

Al Ph D. Emilio Olivares Saenz, que gracias a su visión y brindarme la oportunidad de ingresar a ésta maravillosa Facultad, para formar parte de éste grupo tan selecto.

Al Ing. Fernando Cabrieles del Laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía de la UANL, por el análisis de la muestras de suelo y agua, que sin ello no hubiésemos podido entender los cambios ocurridos en el trabajo de Tesis.

A la Sra. Rosa María Rodríguez Gutiérrez, por el gran apoyo Invaluable de la biblioteca.

A la Sra. Juana Pineda por el invaluable apoyo secretarial.

A cada uno de ustedes, agracias por compartir conmigo lo que pertenece a sus familias, su conocimiento, su tiempo y su amistad.

Al Gobierno del Estado a través del COCYTED, por tener el interés de formar científicos para el engrandecimiento del Estado, y el apoyo económico para la realización del Trabajo de Tesis Doctoral.

Al PAYCYT, de la Universidad Autónoma de Nuevo León por apoyar económicamente el proyecto de investigación.

Al PROMEP, por su apoyo económico para la Beca de Manutención durante una estancia de formación esencial.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Nombre: Roberto Luévano Escobedo

Lugar de Nacimiento: Salinas de Hidalgo, S.L.P.

Formación: Biólogo, Facultad de Biología de la Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. 1978.

Maestría en Ciencias: Sistemas de Producción Agropecuaria, Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. 2002.

Especialidad: Creación de Modelos en Ecología y Gestión de Recursos Naturales, Universidad de Cataluña, España. 2004.

Candidato a Doctor: Por la Facultad de Agronomía, UANL. 2004.

Puesto Actual:

Profesor- Investigador de la DES Facultad de Ciencias Forestales e ISIMA.

Perfil: PROMEP deseable 2002-2005.

Experiencia Académica:

Profesor de la Facultad de Biología, UMSNH, Morelia, Mich..

Profesor del ITA no 4. Altamira, Tam.

Profesor de la Universidad Quetzalcoatl de Irapuato.

Profesor de la Escuela de Biología de la UJED.

Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales, UJED.

Estancias de Investigación:

Jardín Botánico externo de la UNAM.

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Asistencia a Cursos Internacionales.

Agencia de Española de Cooperación Internacional y el INIA

Teledetección en la lucha contra los incendios forestales, Cartagena de Indias, Col.

Programa marco de I+D de la Unión Europea, Cartagena de Indias, Col.

Gestión y Conservación de los Recursos genéticos Forestales: materiales de base y reproducción, Antigua, Guatemala.

Universidad Nacional de Costa Rica

Sistemas de integrados de información geográfica y de posicionamiento global, aplicados al manejo de Recursos Naturales, 180 horas, Laboratorio de SIG.

Taller internacional de Análisis y Sistemas de Simulación, UJED - Texas A&M

Planificación Estratégica y Educación Superior- ANUIES-FCF.

Curso – Taller de Agroecología, Las Cañadas bosque de Niebla A.C. Huatusco, Ver.

Conferencias Impartidas

Respuesta Espectral del Bosque de Coníferas en imágenes Landsat, C.C.A. UNAM.

La desertificación de México, ITA 1.

Modelos de Investigación, Esc. Ciencias Químicas-UJED.

Agricultura, medio ambiente y alta educación, un punto de vista del pasado, presente y futuro. Esc. De Ciencias Químicas-UJED.

Actividades de Gestión

Colaborador del plan de desarrollo institucional de la Facultad de Ciencias Forestales.

Participación en del Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y protección al ambiente.

Participación en la elaboración del de Estudios de la Maestría en Ciencias en Manejo y Conservación de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Colaboración en la elaboración del PIFI 3.0 y 3.1

Carteles de difusión en investigación.

Expo - Orienta de la Facultad de Ciencias Forestales.

Titular del Cuerpo Académico: Silvicultura y Manejo Forestal.

Miembro del Cuerpo Académico de: Ecología, Recursos Naturales, Medio Ambiente y Geomática.

Integrante de la comisión de planeación y Evaluación de la DES, "CPDES".

Tutor de estudiantes de Licenciatura y Posgrado.

Titular del Proyecto: Mejora de la calidad académica de los PE de la DES, Facultad de Ciencias Forestales-ISIMA.

Asesoría y Dirección de estudiantes

Titulación de Estudiantes de Ingeniería: **5** graduados.

Asesor de Tesis de Estudiantes de Ingeniería y Posgrado **5**.

Cursos permanentes

Profesor de la Carrera de Ingeniería Forestal de las Materias:

Botánica Forestal y Ecosistemas Xerophytos

Profesor de la Maestría en Ciencias en Manejo y Conservación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, con los cursos:

Los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, 1º semestre.

Técnicas, Métodos y Modelos para la Evaluación y Manejo de los Recursos Naturales 2º semestre.

La Teledetección Aplicada al Manejo de Recursos Naturales 3º semestre.

Coordinador y expositor del Curso Taxonomía y Evolución de Agaváceas –Jardín Botánico Externo UNAM y Facultad de Ciencias Forestales-UJED.

Cursos de del Programa de Educación Continua en la FCF-UJED

Curso sobre Ordenamiento Territorial.

Coordinador e instructor del curso en colaboración con el Dr. Walter Ritter Ortiz de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, sobre: Análisis de sistemas dinámicos aplicados a los recursos naturales.

Coordinador y expositor del Curso Taxonomía y Evolución de Agaváceas –Jardín Botánico Externo UNAM y Facultad de Ciencias Forestales-UJED.

Seminarios de Tesis Publicados en las Memorias de Posgrado de la Facultad de Agronomía

Primer Seminario: Presentación para su evaluación el Proyecto de Tesis Doctoral: Regeneración y Diversidad del Género *Pinus* en las Bayas, Mpio de Pueblo Nuevo, Dgo.

Segundo Seminario: Determinación de la variación climática en las Bayas, Mpio de Pueblo Nuevo, Dgo.

Tercer Seminario: Las Loranthaceas de las Bayas, causa de disturbio.

Cuarto Seminario: Las Especies de Pinos de las Bayas.

Quinto Seminario: Cambios en la cubierta vegetal del suelo a partir del valor espectral y calidad del suelo en la regeneración del género *Pinus*, en las Bayas, Mpio de Pueblo

Nvo. Dgo.

Sexto Seminario: Relaciones del género Pinus, con NDVI de imágenes Landsat, en las Bayas, Mpio de Pueblo Nuevo, Dgo.

Participación en Congresos y Simposium en internacionales y nacionales con ponencias y escritos en extenso.

1. V Congreso Mexicano de Recursos Forestales, UAG SMRF, **Ponente** Guadalajara, Jal. 2001 Escrito en Extenso y Resumen.
2. VII Simposio Internacional y II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, **Asistencia**, Monterrey, N.L. 2003.
3. XII Congreso Mundial Forestal, **Ponente**. Québec Can.2003, Escrito en Extenso y Resumen.
4. VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales, **Ponente**. San Luís Potosí 2003, Escrito en Extenso.
5. EastFIRE Conference, George Mason University, **Ponente** Virginia, USA 2005, Escrito en Extenso.
6. Simposio Internacional el conocimiento botánico en la gestión ambiental y manejo de Ecosistemas y 2º simposio botánico del norte de México, **Ponencia en cartel**, 2005.CIIDIR, DGO.
7. I Congreso sobre Cambio Climático, Agricultura y Medio Ambiente, Junta de León y Castilla, (Universidades: Valladolid, Salamanca, Burgos y Castilla, en Valladolid España, 2005.

Reconocimientos

Simposio Nacional por la conferencia: El Cambio Climático Global, Actualidad y Perspectivas, ISIMA-UJED. 2005.

Primer Encuentro Regional sobre Taxonomía y Evolución de Agaváceas, UNAM, IPN y UJED, por el tema: Evolución de agaváceas, FCF-UJED., 2005.

Por la participación en el Curso: Flexibilidad en la Educación Superior, UJED. 2005.

Por la participación en el curso sobre: Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales de Clima Templado-Frío. CONAFOR, Guadalajara, Jal. 2004.

Reconocimiento Especial de la CONAFOR por el proyecto denominado: Las Loranthaceas de las Bayas, causa de disturbio. Dentro del Programa de Investigación Académico y Educativo de la ExpoForestal México Siglo XXI y Selvas para Siempre. 2004.

Semana de Ciencia y Tecnología de la: Expociencia, COCYTED.2004.

Por la participación en el curso taller: Monitoreo Multi-Relacional Espacial para la Sustentabilidad de los Recursos de los Ecosistemas y su Manejo, FCF. 2004.

Por la participación en la: Tercera Reunión Estatal de Ciencia y Tecnología, COCYTED, 2003.

Como Instructor del diplomado: Actualización técnica sobre el aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos naturales, SEMARNAT- FCF, UJED. 2003.

Publicaciones en Revistas Especializadas, de Difusión y Arbitradas:

1. ¿Cambio Climático o tan sólo Coevolución a través de catástrofes?, Ciencia y Desarrollo, Julio/Agosto **2002**, Volumen XXVIII* Número 165-ISSB 0185-0008*México.
2. El índice índice K, un modelo para analizar coníferas en imágenes Landsat ETM, Memorias Generales SECC B, No. de REF: 0310; XXII, Congreso

- Mundial Forestal, FAO. Québec, Can. **2003**.
3. Agroecología vs Biotecnología agrícola transgénica, agosto de **2004**, Volumen VIII, Número 23, ISSN 1665-C808.
 4. Perdería Durango sus Bosques en 10 Años, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, y El Siglo de Durango, 2004.
 5. The index Ka: A new algorithm to analyze the superficial components in satellite Images. Ref.: Ms. No. RSE-D-05-00587R1, Remote Sensing of Enviromental, USA, En Prensa.
 6. Un nuevo algoritmo para analizar los componentes superficiales en imágenes de satélite, Grupo Editorial Ciencia UANL. En Prensa.

Proyectos de Investigación en Desarrollo:

Propuesta para Mejorar el Inventario de Emisiones Biogénicas en el Valle de México, en colaboración con el Centro de Ciencias de la Atmósfera, de la UNAM y el Massachusetts Institute of Technology, MIT, USA, dentro de la propuesta del Dr. Mario Molina.

**DETERMINACIÓN DE LA REGENERACION Y DIVERSIDAD DEL GENERO
Pinus EN LAS BAYAS MPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO**

CONTENIDO	TEMA	PAGINA
	Resumen y Summary	1
Capitulo I	Introducción General	2 - 13
Capitulo II	Caracterización del Género Pinus	14 - 64
Capitulo III	Parasitismo del bosque: La familia Lorantchaceae	65 - 75
Capitulo IV	Variación climática y tipo de suelo	76 - 105
Capitulo V	Balance Hídrico	106 - 131
Capitulo VI	Medición de la reflectividad de coníferas a través de imágenes de satélite	132 – 147
Capitulo VII	Conclusiones generales	148 - 152

**DETERMINACIÓN DE LA REGENERACION Y DIVERSIDAD DEL GENERO
Pinus EN LAS BAYAS MPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO**

RESUMEN

Roberto Luévano Escobedo

Fecha de Graduación: Junio 2006

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

**Titulo del Estudio: Determinación de la Regeneración y Diversidad del género
Pinus en las Bayas, Mpio., de Pueblo Nuevo, Dgo. Mex.**

Número de Paginas: 152

**Candidato para el grado de doctor en Ciencias
Agrícolas con Especialidad en Agua y Suelo.**

Objetivo y Métodos: En el presente estudio, se planteo como objetivo general determinar la regeneración y diversidad del género *Pinus*, del predio la Bayas, ubicado en la Sierra Madre Occidental. Los datos se obtuvieron de cuantificar e identificar las especies, en sus tres estados fenológicos, en 20 unidades maestras y la relación de ellas con los factores físicos y ambientales.

Contribuciones y Conclusiones: Se determinó una diversidad local elevada de 13 especies, la mayoría de ellas con pocos individuos, se evaluó la biodiversidad alfa, beta, gamma, así como productividad primaria neta, la cual resultó baja, 4 especies son las más abundantes, la precipitación se centra solo al verano, presentando un déficit importante en primavera, se desarrollo un modelo para medir la reflectividad a través de imágenes satelitales denominado Índice Ka .

SUMMARY

The objective of this research was to determine the biodiversity and capacity of regeneration of *Pinus* at Las Bayas Pueblo Nuevo, Durango.

The species were identified and quantified by the 3 state phenological growth in 20 experimental units and correlated with the environmental factors.

The result showed that the *Pinus* community was very low diverse, especially for 13 species. The alfa, beta and gamma diversity were low. The net primary produccion also was low. From 13 species found at the experimental units, only 4 were very abundant.

Regarding to the environmental factors, the precipitation occurs during the summer time.

The indice Ka was used in order to determine the reflexion of the foliar cover of *Pinus* by satellite imagens.

Firma del Asesor Principal: _____

CAPITULO I

INTRODUCCION GENERAL

La cobertura global de los bosques es un indicador fundamental de la salud del planeta tierra, para brindar bienes y servicios (United Nations. Food and Agriculture Organization, 2001). Los bosques en particular brindan servicios tales como el ciclado de nutrientes, son depósito del carbono, regulación del clima local o regional, estabilizan el suelo y lo protegen de la erosión, proveen el hábitat para la fauna, así como de bienes, tales como alimentos, medicamentos, productos de madera y áreas de recreación para los humanos. Estos bienes y servicios proporcionados por los bosques representan el 10% del Producto Interno Bruto mundial (United Nations. Food and Agriculture Organization, 2001).

United Nations Food and Agriculture Organization (2001) estimó que durante la década de los noventa la cobertura vegetal de bosques se redujo en 94 millones de hectáreas. Esta estimación es considerando que los países en desarrollo perdieron 130 millones de hectáreas, mientras que los países desarrollados ganaron 36 millones de hectárea al reconvertir áreas agrícolas abandonadas a bosques.

En México, los bosques templados han tenido una destrucción excesiva en los últimos 50 años, como resultado de actividades forestales, agrícolas, ganaderas y por el desarrollo urbano (Coll, 1981).

Esta destrucción antropogénica de los bosques no solo reduce la extensión territorial de los mismos (Semarnat y Conabio 2000) sino además reducen densidad (numero de individuos) y diversidad biológica (numero de especies) que estas áreas albergan (Neyra y Durand 2000), esta reducción de la biodiversidad, por la frecuencia, intensidad y escala de las actividades humanas, generalmente es de carácter irreversible, así el bosque templado en términos humanos se considera que no es renovable, ya que su período de regeneración natural es muy lento (Semarnat y Conabio 2000).

(Ritter *et all.*, 1999) considera que no hay estructura estática en la naturaleza y

que la estabilidad es producto de un equilibrio dinámico, donde la sucesión de los bosques de clima templado y tropical, al ser explotados, se alteran de tal forma que toman otro rumbo altamente complejo y no lineal. Derivado de lo anterior. El Estado de Durango, siendo el de mayor importancia nacional, en lo referente a la reserva de bosques de clima templado, también es considerado como el mayor proveedor de madera de este recurso, y por ende expuesto al mayor deterioro biológico con la consecuente extinción de especies en las zonas de mayor explotación. Las Bayas, que ocupan un lugar importante estatalmente por su alta biodiversidad, en este estudio, se determina que la mayor parte de las especies, se encuentran en un grave riesgo por baja densidad de población y baja reproducción natural, reflejando con ello el impacto de las actividades humanas.

Diversos estudios taxonómicos se han realizado para identificar el Genero *Pinus* destacando los de (Endlicher 1847; Engelmann 1880), por su parte Koehne (1893) divide al género en dos grupos; el género *Haploxylon* con un haz fibrovascular y *Diploxylon* con dos.

Mirov (1967) publica las especies del género *Pinus* y Crutchfield y Little (1966) elaboran un mapa de su distribución, ambos estudios son de carácter mundial. En México el conocimiento de los pinos, se inicia con Shaw (1909) que identifica 66 especies, de los estudios que se han desarrollado para el estado de Durango México destaca en primer lugar el de Martínez (1948), con 17 especies de coníferas: *Pinus arizónica*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus brachtyptera*, *Pinus cembroides*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus durangensis*, *Pinus leiophylla*, *Pinus lumholtzii*, *Pinus lutea*, *Pinus lutea ornelasi*, *Pinus Engelmanni Blancoi*, *Pinus michoacana*, *Pinus cornuta*, *Pinus oocarpa*, *Pinus oocarpa trifoliata*, *Pinus teocote*, *Pinus Herrerae*,

Maysilles (1959) estudia los pinos del oeste de Durango, en el Inventario Forestal Nacional de México (1964), reconoce a 8 especies, González (1983) menciona las principales especies del Estado de Durango por su distribución estatal; así las más importantes *Pinus durangensis*, *Pinus ayacahuite*. García (1993) hace una discusión de la variación de *Pinus praertemissa*, González y García (1998) mencionan 4 géneros y 24

especies para Durango.

De los trabajos taxonómicos para identificar el género *Pinus* en el Estado de Durango, de mayor importancia es el de Martínez (1948) con 17 especies y el de González y García (1998), con 22 especies, este incremento, pudiera deberse al tipo de muestreo, utilizado en ambos estudios, o a la accesibilidad a las diferentes localidades de la sierra, ya que en 1948, debió constituir un problema, por lo denso de los bosques y la ausencia de caminos. En las últimas 3 décadas, el Estado de Durango, ya ha tenido un considerable aumento de áreas en explotación y por tanto apertura de caminos, que facilitan tomar muestras de diferentes sitios, lo cual hace suponer que se haya dado el incremento la lista de especies, por otro lado, debe entenderse que las especies siguen con su procesos de evolución y aún no esta determinado cuando ocurrirá la presencia de una nueva especie en grupos naturales. Así como la probabilidad de que hayan desaparecido especies sin haberse documentado su presencia. Las Bayas cuyo inicio del aprovechamiento forestal se remonta a 1983, aporta una muestra importante de la alta diversidad existente en el grupo de coníferas, así como la baja densidad en la mayor parte de las especies reflejando las actividades forestales, y que tal situación, pone en peligro de extinción a muchas de ellas en este sitio.

Para evaluar las respuestas de las plantas a los disturbios humanos y naturales diversas metodologías se han desarrollado, Baskent (1997) sugiere que para aprovechar el bosque se debe tener: a) habilidad para cuantificar y caracterizar la estructura inicial del bosque, b) formulación de estrategias para manejo, c) medición especial de la respuesta del bosque a la intervención.

Para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje (Whittaker (1972; Halffter 1998; Moreno 2001) sugieren considerar la separación de los componentes alfa (la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea), beta (el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje) y gamma (riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de la

diversidad alfa como de la diversidad beta) para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

(Mandallaz e Ye 1997; Alvarado *et al.*, 1998) desarrollaron metodologías para la predicción de incendios. Dutilleul *et al.* (1998) analizó la tasa de desarrollo de *Picea abies* y su correlación sobre los anillos y la densidad de la madera.

Así mismo, diversos índices se han propuesto para analizar cuantitativamente la estructura de ecosistemas forestales. De Camino (1976) definió el coeficiente de homogeneidad para la caracterización de un área dada. Aguirre (1999) considera que la estructura vertical de un ecosistema puede obtenerse aplicando los índices de diferenciación diamétrica y de altura propuestos por Fuldner (1995 b).

La zona de las Bayas, en el municipio de Pueblo Nuevo en el estado de Durango, ha estado expuesta a disturbios causados por actividades humanas y naturales que ponen en peligro la regeneración y la diversidad del Género *Pinus*.

Las Bayas, siendo una zona importante en biodiversidad, de coníferas ha constituido un importante recurso, de tal forma que desde el año 1983, fue sujeta de permisos de aprovechamiento, hasta el año 2000, existen áreas donde la vegetación arbórea, ya no existe, no se ha determinado si esto es debido a los aprovechamientos o que nunca haya existido la vegetación, el total de la superficie es de 5068 ha., se estimó una área de producción de 2248 ha, (aprovechables), arbolado no aprovechable de 1272 ha, no arbolada de 1548 ha y afectada por incendios de 253 ha (Bretado, 1997), la presencia de poblaciones altas de topos y ardillas en áreas semilleros y la ausencia de plántulas, disminución de aves endémicas, que son consumidoras de semillas, el establecimiento de especies colonizadoras o invasoras, el aumento de incendios forestales, estos y otros elementos han generado un alto nivel de disturbio, como se podrá observar en los capítulos siguientes de este estudio.

Algunos factores importantes que pueden influir en la variación de la regeneración pueden ser el espesor del mantillo orgánico, la especie, la degradación (Chacón, 1983; Bradstock, 1991; Eckelman, 1992; Estrada, 1997).

Toledo (1994), cita a Prace y menciona que los inventarios biológicos son superados por la velocidad de destrucción del ecosistema. Para establecer una predicción del rumbo que tomará el bosque, después de ser perturbado natural o antropogénicamente se requiere de estudios más específicos sobre los factores limitantes como son la temperatura, la humedad, el tipo de suelo, nutrientes, variaciones climáticas e incendios, así como de los elementos bióticos que constituyen estos ecosistemas, que permiten su regeneración y/o explotación sustentable.

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar la regeneración y diversidad del género *Pinus* en las Bayas, Municipio de Pueblo Nuevo, Dgo.

Para la consecución del objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Caracterización del género *Pinus*:
 - Determinar la biodiversidad, la densidad y estructura de la población.
 - Medir la productividad primaria a partir de factores climáticos.
 - Determinar el valor de importancia de las especies.
2. Identificar parásitos vegetales como las (Loranthaceas) si éstas son causa de disturbio.
3. Variación climática y tipo de suelo.
4. Medición de la reflectividad de coníferas a partir de Imágenes satelitales.

AREA DE ESTUDIO

El predio se localiza en el Municipio de Pueblo Nuevo Dgo., a 100 Km. al Sur de la ciudad de Durango, por el camino Durango - La flor - Las Bayas. Geográficamente se localiza entre los paralelos (Figura 1) $23^{\circ} 22'15''$ y $23^{\circ} 29'50''$ de latitud Norte y los meridianos $104^{\circ} 48'45''$ y $104^{\circ} 53'00''$ de longitud oeste (carta topográfica F13-b-31 del INEGI). Este predio forma parte de la Región Hidrológica no. 11 denominada Río Presidio - Río san Pedro, en la cuenca ``A`` conocida como Río San Pedro, de las subcuencas (Ak) Río Lajas (70%), (Ab-51) Río Taxicaringa (20%), (Al) Río Tunal (8%) y (Bb) Milpillas (2%).

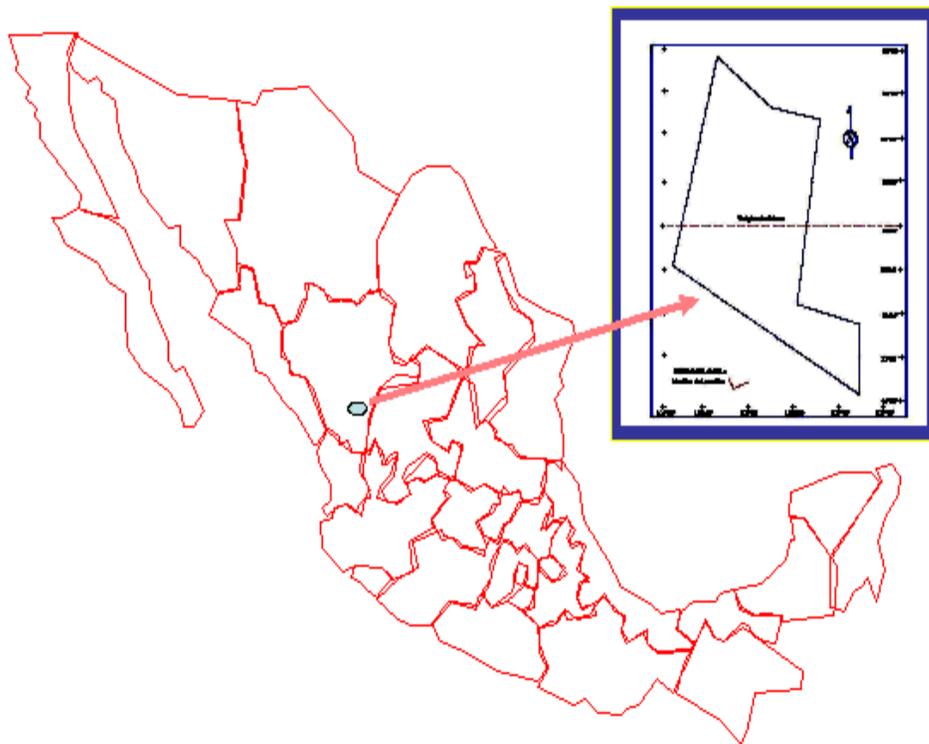


Figura 1.1. Ubicación de las bayas en la república mexicana

El predio pertenece a la Universidad Juárez del Estado de Durango, cuenta con una superficie de 5068 ha, que han sido explotadas desde hace 20 años, con una Fisiografía y Orografía de la siguiente forma:

Se localiza en la provincia denominada Sierra Madre Occidental, en la

subprovincia Grandes Mesetas y Cañones Duranguenses. Con un sistema de topoformas de Mesetas, con asociación de cañadas sin fase, con un sistema de topoformas de sierra alta, para toda la región montañosa, la altura del predio se encuentra entre los 2700 m.s.n.m. (Figura 2) se distinguen tres zonas:

Zona m.s.n.m. Nombre del Paraje

- a) - Este 2900 Cerro `` La Grulla``
- b) - Noroeste 2700 Alto `` El Rosillo``
- c) - Sureste 2500 `` Frentón Colorado``

Un 35 % de la superficie arbolada presenta una pendiente de 0 a 30 %, las áreas con pendientes del 31 al 50% la ocupan el 50 % de la superficie y del 15% de la superficie restante se presentan pendientes mayores del 50%.

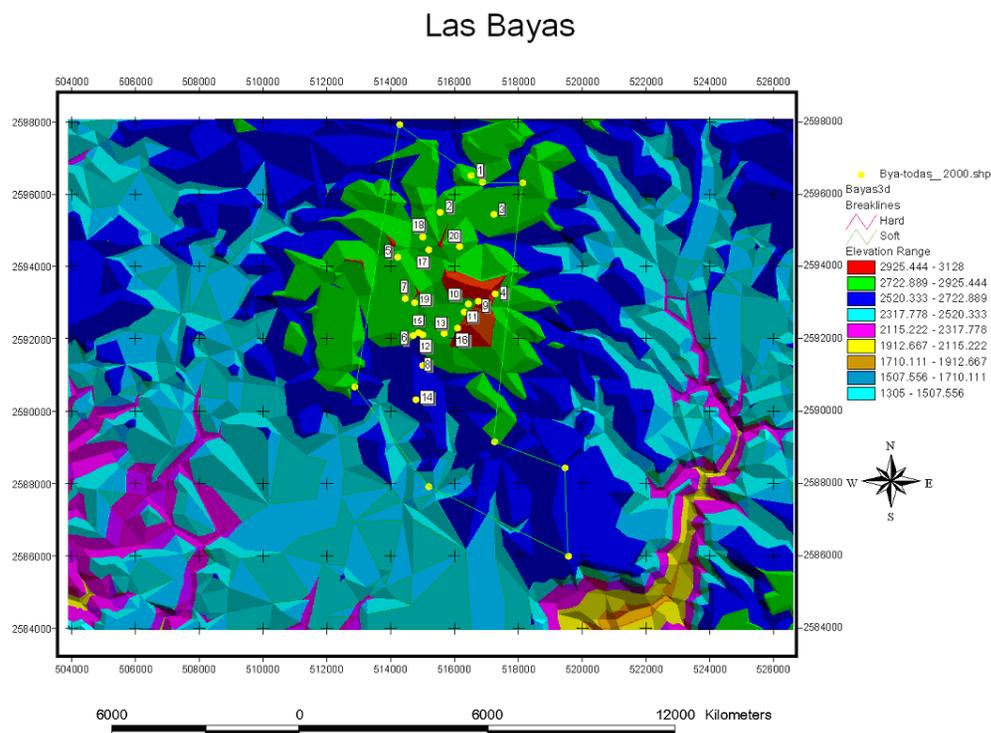


Figura 1.2. Modelo de elevación y distribución de las unidades muestrales en las Bayas.

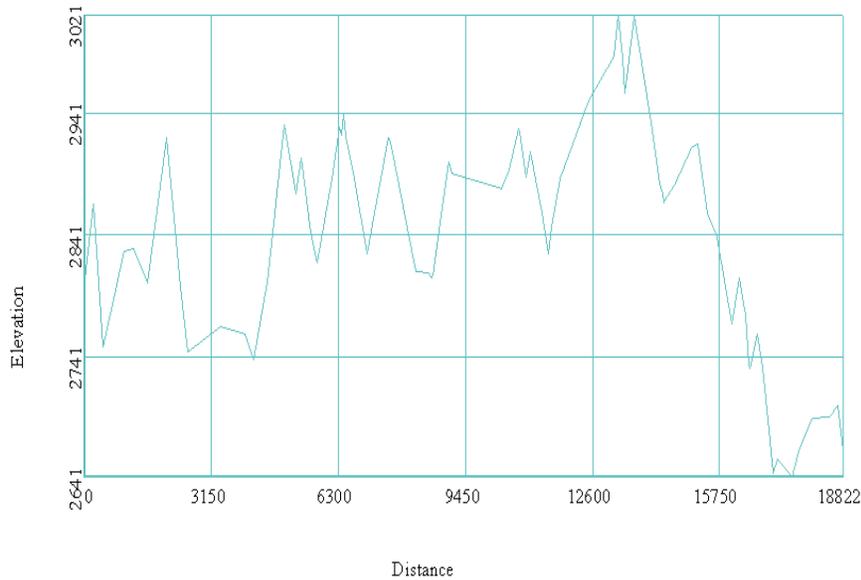


Figura 1.3. Perfil altitudinal y distancias (m), de las unidades muestrales de las Bayas.

En la (Figura 1.2 y 1.3) se observa la distribución y elevación de las unidades muestrales, así como la distancia en metros existente entre una y otra muestra.

SUELOS

Los suelos según FAO-UNESCO (1998), (escala 1:50,000) elaborada por la dirección de suelos, se presentan los siguientes:

Regosol (Eútrico), de fertilidad moderada, en pendientes de un 5 a 20%. Con 88 % de área ocupada.

Los Litosoles asociados con regosol eútrico de textura media poca o nula fertilidad, susceptibles de erosión, con pendientes del 10 al 20 % o más, el predio cuenta con un 5%. Clave (Be, Re/2)

Cambisol (eútrico) asociado con litosol, regosol eútrico feozem háplico de textura media, Este con pendiente 0 al 10 %, con poca susceptibilidad a la erosión por escorrentías, sin embargo en las áreas deforestadas la acción eólica es fuerte y por tanto la pérdida que se presenta es alta, las claves (Be/2, Be Hh/2, Be /2, Be Re Y/2), aparecen en un 7 % del predio; ubicado en el centro y norte.

CLIMA

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen y adaptada por Enriqueta García (1968) y con apoyo de la carta de climas escala 1:1,000,000 se registra los siguientes tipos:

C (E) (W2): Tipo semifríos con lluvias en verano.

C (W2): Templados subhúmedos con lluvias en invierno.

Las Bayas presentan un clima del tipo C (E) (W2) en un 93% y solo un 7 % con el C (W2). Es frecuente la presencia de heladas iniciando en noviembre y concluyendo en marzo, cuando se presentan nevadas inician en diciembre y terminan en febrero. Los índices térmicos van desde las isotermas de 10° hasta 12° C, con temperatura media anual de 11.4°C, con una lluvia de 940 mm., distribuyéndose normalmente en los meses de Junio a Septiembre (un 80 %). Los vientos se presentan en febrero y marzo con dirección Noroeste - Sureste.

VEGETACION

Bretado (1997) menciona de manera general algunas de las especies existentes, en el predio, *Pinus cooperi ornelasi* / mtz. *Pinus cooperi blancoe* *Pinus teocote* Schl. Et. Cham. *Pinus durangensis*/mtz. *Pinus engelmannii* carr. *Pinus leiophylla* sch. Et *Pinus lumholtzii* Ro. Et. Fern. *Pinus ayacahuite brachiptera* shaw. Otras especies existentes *Pseudotsuga flahuati*, *Abies religiosa*, *Juniperus deppeana* y *Cupressus arizónica*, así mismo menciona que éstas especies crecen en microclimas de fuerte pendiente con grandes requerimientos de humedad. Las especies de los géneros de *Abies* y *Cupressus*, ya están considerados como recursos escasos sin embargo no existen cultivos que permitan aumentar su abundancia, con respecto a las asociaciones como en muchas regiones de nuestro país; también se presenta los géneros *Quercus*, Aile o Aliso, (*Alnus* spp), Madroño (*Arbutus* spp), Álamo (*Populus* spp). Dentro de los arbustos domina el *Arctostahylos pungens*, conocido como manzanita en la región, y el estrato herbáceo, se encuentra representado en su mayoría por pastizales como: *Alopecuaros protensis*,

Agrostis stolonifera, *Bouteloua curtipendula* y *Avena factua*, esta vegetación la utiliza el ganado, existen otras de uso directo por la población, como fresa silvestre, Yerbaniz, Laurel, Gordolobo, Hepazote de Zorrillo, Huazapol, Hierba del Marrano y Hongos.

LITERATURA CITADA

- Aguirre A., O., (1999). Análisis cuantitativo de la estructura de un ecosistema forestal en Pueblo Nuevo Durango. IV Congreso Nacional Forestal.
- Alvarado E., Sandberg, D. And Pickford S. G. (1998), Modeling large forest fires as extreme events. *Noertwest Sicence*. Vol. 72 Sptial Issue. 66-75.
- Baskent, E. 1997. Assessment of structural dynamics in forest landscape management. *Can. J. For. Res.* Vol. 27.1675- 1684.
- Bradstock, R., A., (1991). The role of fire in establishment of seedlings of serotinous species from the Sydeny region. *Australian Journal of Botany*. 39: (4) 347-356.
- Crutchfield, W., B., y E.L. Little (1966), Geographycal distribution of the pines of the world. USADA. Forest Serv. Misc. pub 991:1-97.
- Chacón, J., M., (1983). Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizónica* *Ciencia Forestal* p 42.
- Coll, H., A. (1981). ¿Es México un País Agrícola?. Ed intereamericana pp 65.
- De Camino, R. 1976.Zur bestimmung der Bestandeshomogenitat. *Allegemeine Forest und Jagd Zeitung* 147 (2/3), pp. 54-58.
- Dutilleul, P., Herman, M. And Avella S.T.1998. Growth rate effects on correlations among ring with, wood density, and mean tracheid length in norway spruce (*Picea abies*). *Can. J. for Res.*28: 56-68.
- Endlicher, I., L. (1847). Synopsis conyferarum. Apud Sheitlen und Zoo ikofer. Sangalli.

- Engelmann, G.m (1880). Revisión of the genus *Pinus* and description of *pinus elliotii*. Trans. Acad. Sci. St. Luis 4:217:243.
- Eckelman,C.M.(1992).Regeneration y dinámica de un bosque de piono-encino en la Sierra Madre occidental en el noreste de México. III Seminario Nal. sobre utilización de encinos Fac. De Ciencias Forestales P.199-210.
- Estrada, M.,C., (1997). Evaluación de la Regeneración Natural en Bosques de pino de la UCODEFO No.4 de Durango, México. Tesis Profesional de Maestría en Ciencias Forestales. F.C.F. UANL. Linares, N.L.
- Füldner, K. (1995b). Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. Forstarchiv 66, pp. 235-240.
- FAO- UNESCO (1998). Base de Referencia para los Suelos del Mundo, pp129.
- García A., A., (1993). Morphological variations in *pinus praetermissa* (Pinacea). From Durango, México. Phitologia 75 (3):243-246.
- García E. (1978). Los climas de México, UNAM. p.160 .
- González E., S., (1983). La vegetación de Durango. Cuadernos de Investigación tecnológica (CIIDIR-IPN), >Unidad Durango. (1): 1-114.
- González E. S. García A. (1998). Pináceas de Durango, Instituto de Ecología, a. C. Xalapa Ver. México., pp 179.
- Halffter, G. (1998). A strategy for measuring landscape biodiversity. Biology International,36: 3-17.
- Bretado, V., J.L. (1997). Propuesta Técnica para la modificación de la 7a, área de corta del predio particular las Bayas. Ujed. Pueblo Nuevo, Dgo. ISIMA- UJED, pp 54.
- Koehnne, E., (18 93).Deutch Dndrologue. K. Eke Stwtgart.
- Mirov, N., T., (1967) The genus *Pinus*. The Ronald Press company, N-y. pp 602.

- Mandallaz, D. e Ye. R. (1997). Prediction of forest fires with poisson models, *Can. J. For. Res.* 27; 1685-1694.
- Martínez, M. (1948), *Los Pinos mexicanos*, Ediciones Botas, 3ª ed. México, D.F.
- Maysilles, J., H., (1959). Floral relationships of the pine forests of western Durango, México. Tesis doctoral. University of Michigan. Ann. Arbor, 165 pp.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Neyra G. L. y Durand S., L. (2000) *La diversidad de México: Estudio de país. PARTE I, RECURSOS NATURALES*, pp 1-43. Conabio
- Ritter, W. Guzmán R. Estrada B.A. (1999). Un método gráfico para la regionalización agroecológica de recursos naturales, *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, 38: 57-68.
- Shaw, G.,R., (1909). *The Pines of Mexico*. Arnold arboretum Pub 5. Cambridge Mass p 300.
- Semarnat y Conabio (2000) *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*, pp103.
- Toledo, M.V. (1994). La diversidad biológica de México. *Ciencias (UNAM)*, 34:43-59.
- U.N. Food and Agriculture Organization. 2001 *State of the World's Forests*. Rome.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.

CAPITULO II

CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO *PINUS*

Resumen

El número de especies es función de las tasas de especiación y extinción, que puede llegar al equilibrio. Cuando hay poco alimento disponible, sólo las especies selectivas pueden sobrevivir y por el contrario, cuando abundan los recursos, hay muchas especies exigentes que están especializadas en el consumo de un tipo particular de alimento, de este modo, los ecosistemas que tienen mayor producción de recursos, deberían tener mayor cantidad de especies, lo cual no siempre es así y la mayor diversidad parece encontrarse en un umbral medio de productividad (Lobo, 1993) este patrón de restricciones refleja elementos fundamentales de la coevolución y coexistencia de especies, tal es el caso de los desiertos (Luévano 2002).

(Lobo 1993 y Martín 1997), para estos autores, cuantos más hábitats distintos tenga un territorio, más especies diferentes puede albergar, (parches) y esa heterogeneidad o mosaicismo ambiental, aumenta la diversidad; es la que Whittaker (1970 y 1975) denominó β -diversidad. Debido a que la diversidad en un contexto ecológico, que comprende dos componentes: variedad y abundancia relativa de especies (Magurran, 1988; McNeely *et al.*, 1990), la valoración de biodiversidad del bosque presenta varios desafíos. Por ello se aplicaron diversas metodologías, que permitieran entender la estructura, biodiversidad, el valor de importancia de las especies y la productividad, los resultados indican que el diámetro dominante de los árboles corresponde a los juveniles, mientras que la altura, a los adultos, no teniendo mucha presencia las plántulas esto es la regeneración de la mayoría de las especies. Las especies con presencia en los tres estratos son: *Pinus Ayacahuite*, *Pinus discolor*, *Pinus durangensis*, *Pinus lumholtzii*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus teocote*, cubriendo un 46% de las unidades analizadas (Tabla 2.2). Con respecto a la Biodiversidad el género *Pinus*, es el más representado con 12 especies (Tabla 2.3), éste tiene el 54%, con relación a las especies que registradas hasta ahora para el Estado de Durango, por lo cual la localidad es de gran importancia genética. De los modelos aplicados para medir la biodiversidad, destaca el **Índice de**

Luevano's, propuesto por Roberto Luévano y Karla Olimpia Luévano que evalúa la diversidad alfa, beta y gamma, (Figuras 10, 12 y 13) generando resultados que permiten analizar las condiciones en las que se encuentra la zona de estudio, de manera sintética y clara, que de acuerdo con (Pielou 1991 y Halffter, 1998) los índices deben relacionar la diversidad con la abundancia adecuadamente y expresar tales condiciones, así se puede observar que el modelo proporciona la información necesaria para determinar que existen sitios con alto grado de deterioro, en suma con este índice varias especies, se sitúan en el umbral de una posible extinción de ésta localidad. El **Espectro de Biodiversidad de las Bayas** es un término, que se acuña en este trabajo, para la representación de la Biodiversidad alfa, beta y gamma, calculada con el Índice Ceres, en un solo evento, (Figura 2.13), en lo conceptual los tres modelos deben de estar en valores cercanos a cero, así cuando los gráficos están muy distantes entre sí, representa un deterioro alto y heterogeneidad en la abundancia y diversidad de las especies. Así la alfa presenta las localidades frágiles, de tal forma que valores mayores de 0.1 con éste índice, la unidad muestral presenta problemas de disturbio, beta indique que las unidades con mayor riesgo, sin embargo valores mayores a 0.05 de éste índice indican un fuerte disturbio, para gamma diversidad el valor crítico es a partir de 0.1, ya generan problemas de conservación de la biodiversidad regional. De acuerdo a los resultados del Índice de Valor de Importancia (IVI) que el máximo valor que alcanza es de 300 %, que es la suma de los valores de todas las especies presentes, (Tabla 9) se observó que las especies con mayor valor son *Pinus teocote* con 129.1%, *Pinus durangensis* con 49.6 %, *Pinus ayacahuite* con 29.8 % y *Pseudotsuga mezesii*, con 22.6 Estas cuatro especies suman el 231.1% , restando solamente un 53.9, que se distribuye en 9 especies del total y la suma de todas ellas solo llega a 285 %, por lo que al no alcanzar el total, ya se puede considerar la presencia de disturbio en el sistema, por lo que es un bosque dominado por 4 especies. Los Factores Físicos y Ambientales tiene efectos muy puntuales con las especies, en esta sección, se considera la distribución vertical de las especies, y su relación con la elevación, la exposición y la pendiente, los resultados de las especies en la zona de estudio a dichos factores, permite observar el gradiente altitudinal, donde se distribuyen las especies es de los 2693 a los 2 976 m.s.n.m, (Figura 2.15), siendo *Pinus herrerae*, *Pinus teiocote*, las especies encontradas en la mayor elevación, *Pinus*

ayacahuite y *Pinus teocote*, son las especies que ocupan la elevación menor. (Jobbágy y Jacson 2000) (Figura 2.14) muestra la distribución de coníferas en ambos hemisferios, con relación a la elevación y la temperatura, éstas se distribuyen desde los 1000 hasta los 3000 m.s.n.m. coincidiendo con lo encontrado en la zona de estudio. Para la productividad primaria, Ritter *et al.*, (1988), considera que cuando existen buenas cosechas agrícolas, también se tienen buenos crecimientos en los ecosistemas naturales, sirviendo los primeros como índices o indicadores de la productividad anual esperada en los ecosistemas naturales, del modelo aplicado por (Ritter *et al.*, 1999), para diferentes localidades de Tlaxcala, obtienen valores promedio de: 989-1295, mínima de 600 a 1103, y máxima de 1150 a 1750 máxima PPN. Año), y según Echarri (1998), los ecosistemas templados deben estar entre (600 y 2500 gr/m²/año). Los resultados de las Bayas, aplicando los dos modelos muestran 861.6 y 560 respectivamente, en ambos casos la productividad determinada es baja.

Introducción

Las causas de la biodiversidad

Cuando pensamos en la vida, surgen infinidad de preguntas ¿Cómo se ha podido producir la diversidad de seres vivos que hoy observamos?, es decir, ¿cuáles son los factores generadores de diversidad a lo largo del proceso evolutivo?. Martín (1997) y asume que no es fácil discernir cuál es la contribución diferencial de cada uno de ellos en cada momento y lugar.

La (Figura 2.1) muestra una de las teorías ecológicas de mayor influencia en las últimas décadas, el paradigma de MacArthur y Wilson (1963, 1967) sobre el equilibrio insular, y postula que el número de especies presentes en un lugar determinado, es resultado de la tasa de generación de especies (o de inmigración en el caso de una isla) y la tasa de extinción. Lobo y Martín (1993), consideran que una primera división, un tanto académica, para comprender la biodiversidad, que da una idea clara consiste en analizar los factores intrínsecos, los no generados por el medio y sí por las especies que integran la comunidad y los factores extrínsecos, es decir, aquellos que en última instancia, dependen primordialmente del propio medio.



Figura 2.1. Modelo gráfico de la Teoría del Equilibrio Insular propuesta por MacArthur y Wilson (1963, 1967). El número de especies es función de las tasas de especiación y extinción, que puede llegar al equilibrio.

Todos los estudios teóricos y experimentales sugieren que la competencia entre dos especies por el mismo recurso, da lugar a la extinción de una de ellas pero la coexistencia también es posible si el ambiente es heterogéneo, con esto surgió el concepto de **Similitud Limitante**: existe un límite en el número de especies que pueden coexistir. Según Martín (1997) de acuerdo con este principio es posible que la diversidad aumente si: 1) existe una mayor gama de recursos; 2) las especies poseen una amplitud de nicho pequeña, es decir, están especializadas en una o varias dimensiones del nicho y 3) la situación contraria, las especies tienen mayor traslape de nicho, la **Sucesión** es otro factor generador de diversidad, es el proceso temporal por el cual se modifica la composición y las relaciones de abundancia entre las especies de una comunidad, y en general es considerado como es un proceso de sustitución, donde no aumenta necesariamente la riqueza por adición de especies.

Factores extrínsecos

Cuando hay poco alimento disponible, sólo las especies selectivas pueden sobrevivir y por el contrario, cuando abundan los recursos, hay muchas especies exigentes que están

especializadas en el consumo de un tipo particular de alimento, de este modo, los ecosistemas que tienen mayor producción de recursos, deberían tener mayor cantidad de especies, lo cual no siempre es así y la mayor diversidad parece encontrarse en un umbral medio de productividad (Lobo, 1993) este patrón de restricciones refleja elementos fundamentales de la coevolución y coexistencia de especies, tal es el caso de los desiertos (Luévano 2002). La diversidad se modifica con muchos gradientes, varía con la altitud y latitud con la profundidad del suelo y todo parece indicar que el incremento de la diversidad se produce en rangos intermedios (Figura 2.2) (Lobo 1993). En ocasiones la diversidad es producto de la acción combinada de varios gradientes, así por ejemplo, la estacionalidad, la altitud y la orientación, determinan conjuntamente la diversidad y la abundancia, y el hombre modifica rápidamente el medio, aumentando la inestabilidad de los ecosistemas y extinguiendo especies (Martín 1997).

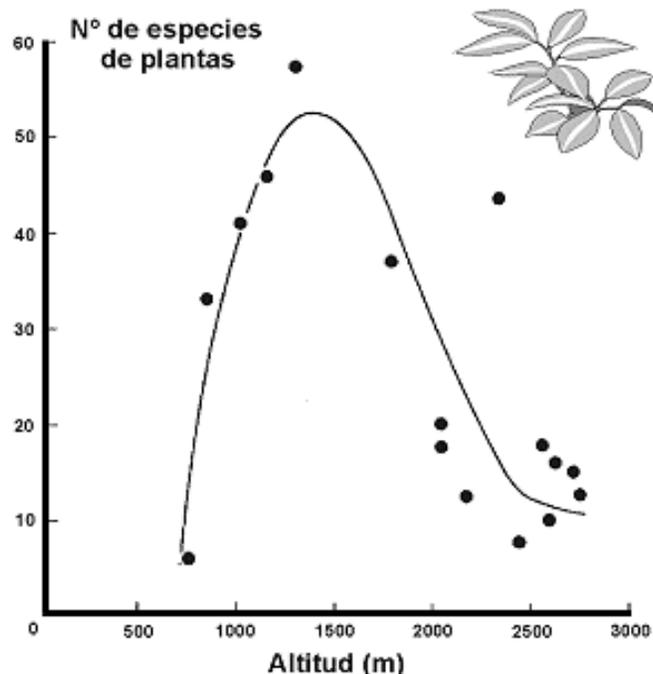


Figura 2.2. Variación de la riqueza de plantas en montañas del desierto de Arizona (Santa Catalina). Datos de Whittaker y Niering (1975). Modificado de Myers y Giller, (1988).

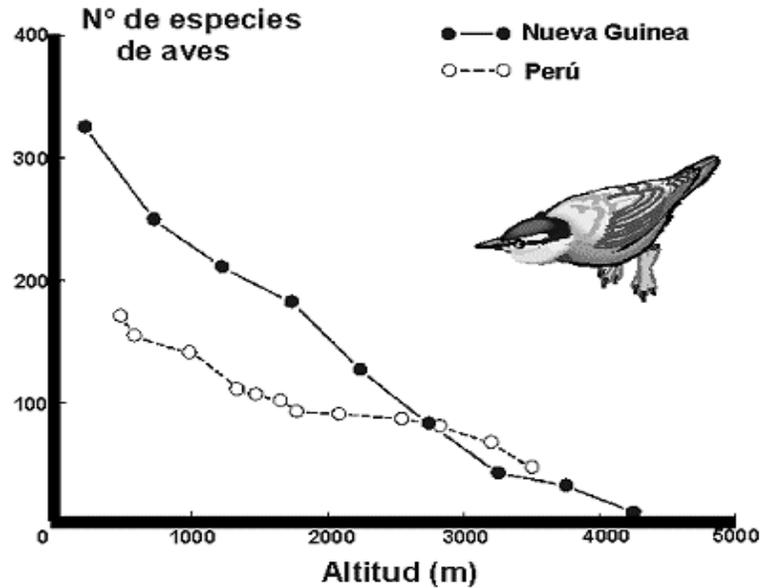


Figura 2.3. Variación de la diversidad de aves con la altitud en Nueva Guinea (Kikkawa y Williams, 1971) y en la vertiente amazónica de los Andes peruanos (Terborgh, 1977). Modificado de Myers y Giller, (1988).

(Lobo 1993; Martín 1997), para estos autores cuantos más hábitats distintos tenga un territorio, más especies diferentes puede albergar, (parches) y esa heterogeneidad o mosaicismo ambiental, aumenta la diversidad; es la que Whittaker (1970 y 1975) denominó β -diversidad. Que a su vez será modificado por factores físicos, como la elevación, (Figura 2.3), de tal forma que a medida que más aumenta la diversidad disminuye, este patrón es independiente a su latitud.

Para Wilson (1988), la Biodiversidad es el patrimonio o riqueza biótica singular e irrepetible de cada lugar, región ó continente y en última instancia, de toda la humanidad. Debido a que la diversidad en un contexto ecológico, que comprende dos componentes: variedad y abundancia relativa de especies (Magurran, 1988; McNeely *et al.*, 1990; Solbrig, 1991 a y b).

La valoración de biodiversidad presenta varios desafíos, primero, debido a la complejidad, la información necesita ser congregada y expresada con variables simplificadas, típicamente en la forma de indicadores (Noss, 1999). Segundo, desde que

se toman decisiones que relacionan a los bosques a una variedad de escalas, los datos de biodiversidad e indicadores necesitan ser expresados para escalas diferentes (Noss, 1990; FAO, 2001c). El equilibrio biológico depende, de la dinámica de renovación de sus recursos naturales y la optimización de éstos, el hombre, debe conocer su dinámica y evolución, para ello se requiere conocimientos profundos de las complejas relaciones clima especies, así como del medio físico, cuando se habla de producción de un ecosistema se hace referencia a la cantidad de energía que ese ecosistema es capaz de aprovechar Ritter *et al.*, (1999), así mismo también considera que si la producción primaria neta es positiva, la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando, típico de un bosque joven y cuando ha envejecido, sigue haciendo la fotosíntesis pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se hace cero y la masa de vegetales del bosque ya no aumenta. Esto conlleva a buscar formas de medirla y Rosenzweig (1968) emplea la evapotranspiración real (ER) (mm/año) de la vegetación para la predicción de la producción natural neta.

Los objetivos de este capítulo son:

Los objetivos de este capítulo son:

- Evaluar la Biodiversidad (α , β , γ).
- Determinar la Densidad poblacional de las especies.
- Determinar las condiciones estructurales de la población.
- Conocer el valor de importancia de las especies.
- Medir la productividad primaria del género a partir de factores climáticos

Metodología

Ubicación de las unidades muestrales en el área de estudio.

Se realizaron varias estancias en el Predio las Bayas, esto es con el fin de caracterizar la zona y ubicación de las áreas de muestreo, donde se situaron y georeferenciaron las unidades muestrales, que posteriormente se delimitaron en la carta de vegetación de (INEGI No. F13b31). El número de unidades muestrales analizadas fue de 20, con una superficie de una hectárea, las que se seleccionaron al azar, que fueron identificadas en la imagen satelital (Figura 2. 4).

Identificación y cuantificación de especies.

Después de haber marcado las unidades muestrales en campo y en las imágenes satelitales, se tomaron muestras de partes (hojas, conos, corteza) de las especies de las, las que se llevaron al laboratorio para su identificación, utilizando las claves de (Martínez 1948; García y González 1998), para los adultos; en el caso de juveniles y plántulas se determinó su especie considerando, forma, tamaño, número de hojas y corteza, forma de acomodo de las ramas y se comparó con el árbol adulto más cercano, posteriormente se cuantificó el total de individuos para los tres estados fenológicos de cada especie presente por unidad muestral, se obtuvo el diámetro de tallo a la altura de pecho (DAP), altura total del árbol, así como los valores de los factores físicos: exposición, pendiente y elevación en cada unidad muestral.

Ubicación de las unidades muestrales.

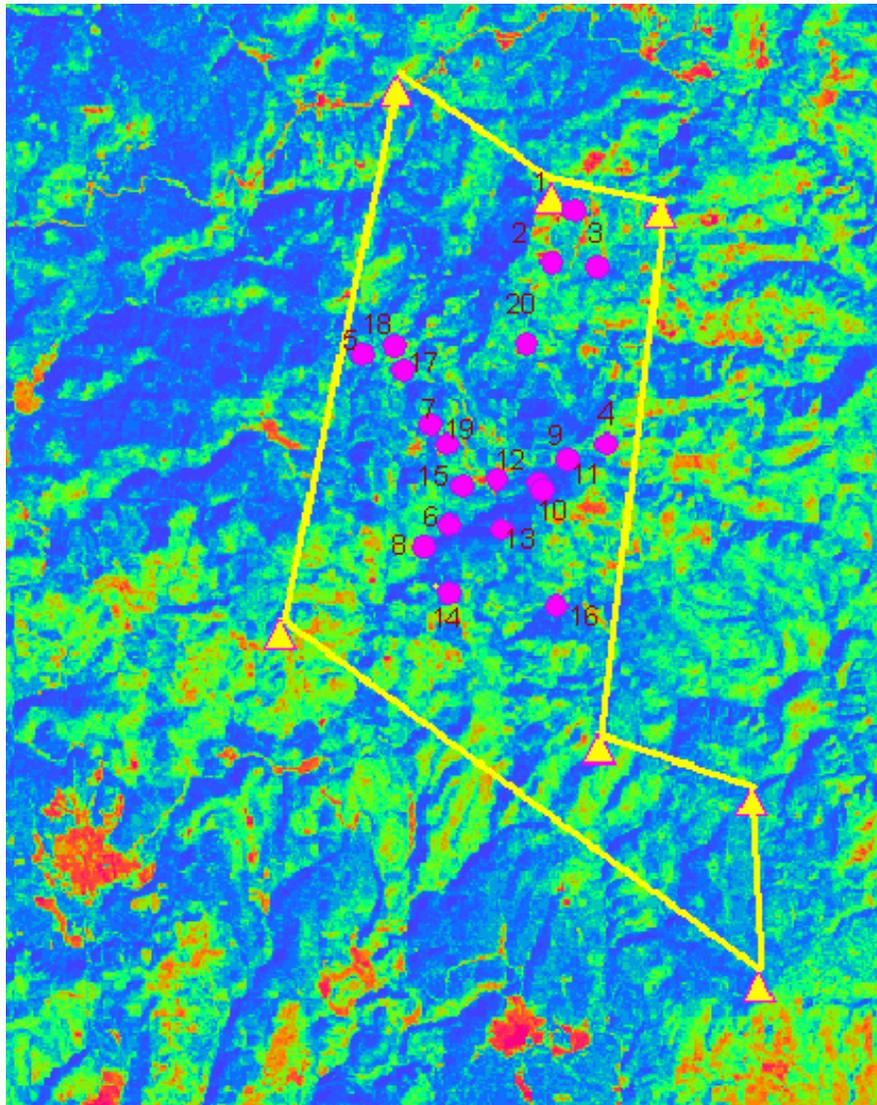


Figura 2.4. Distribución de unidades muestrales en el Predio las Bayas. Imagen satelital en pseudocolor a partir de las bandas 6 y 5, del 2000 de Landsat ETM+. El color azul corresponde a las zonas de bosque cerrado de pino, las áreas de color verde corresponden a zonas de bosque mixto pino-encino y matorral, las áreas en rojo corresponden a zonas sin vegetación.

Métodos par medir la biodiversidad de la población

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas y la forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Moreno 2001).

Tal vez la estima más generalizada de diversidad es la riqueza de especies: la popular α -diversidad. Según Whittaker (1960 y 1975) se precisan, al menos, dos medidas adicionales para determinar la diversidad: la diferencia entre comunidades a lo largo de un gradiente del hábitat ('Turnover') (β -diversidad) y la diferencia entre áreas a escala geográfica (γ -diversidad). Es la que algunos autores han denominado jerarquía espacial de la diversidad (McNaughton, 1995).

Se propone el **Índice de Luevano's**, es un modelo desarrollado por Roberto Luévano y Karla Olimpia Luévano (2005), para medir los tres tipos de biodiversidad, lo anterior se deriva de la dificultad que presentan los modelos existentes hasta ahora con la finalidad de medirla, los modelos más recientes son revisados, con la finalidad de encontrar alguno que represente adecuadamente la biodiversidad por (Lexer *et al.*, 2000; Moreno 2001; Del Río 2003; Koleff *et al.*, 2003; Del Pino 2004), y concluyen que la interpretación de la diversidad a partir de tales modelos aún no es explicable fácilmente, quedando una línea de investigación por resolver, para interpretar la biodiversidad.

Por tanto, los datos del presente estudio, se analizan con los modelos de uso más generalizado, que son (Simpson, 1949; Shannon –Wiener, 1949 y el de Wittaker 1960-1975), además con el **Índice de Luevano's**, que se propone en este estudio.

Medición de la diversidad alfa

Comprende el número de especies en cada cuadrante evaluado, se determina con los modelos: Índice de Simpson (1949), se expresa como:

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

siendo $p_i = \frac{n_i}{N}$, donde n_i es el número de individuos de la especie 'i' y N es la abundancia total de las especies. Con otras palabras, p_i es la abundancia proporcional de la especie 'i'. De tal forma que a medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece.

Por ello el Índice de Simpson (1949) se presenta habitualmente como $1/\lambda = 1/\sum p_i^2$ que expresa, en realidad, una medida de la dominancia, éste índice sobre valora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies.

El segundo índice es el Índice de Shanon-Wiener (1949), a veces incorrectamente denominado Índice de Shannon-Weaver, se expresa citado por (Krebs, 1985).

Se expresa como: $H' = -\sum p_i(\log_2)(p_i)$, siendo p_i el número de individuos de todas las especies, en la localidad.

Medición de la diversidad beta a partir de los Índices de: Wittaker (1960)

Índice de Wittaker (1960), cuya es: $\beta_w = \frac{S}{\alpha - 1}$

donde 'S' es el número total de especies en la comunidad y 'α' es el promedio de especies en todos los hábitats considerados y menciona que con éste índice se obtiene entre pares de hábitats contiguos, la medida del reemplazamiento de especies a lo largo de todo el transecto analizado.

Medición de la diversidad gamma, se realiza con el índice propuesto por Wittaker (1960)

La γ -diversidad es la riqueza de especies a lo largo de un rango de hábitats (diversidad regional) y puede medirse como la curva de riqueza acumulada, (Ludwig y Reynolds, 1988; Martín 1997), o bien, como el producto: $\gamma = \alpha \times \beta \times$ Número de hábitats (ecosistemas; unidades paisajísticas, etc.).

Wittaker (1960), considera que la γ -diversidad es la riqueza de especies a lo largo de un rango de hábitats (diversidad regional) y puede medirse como la curva de riqueza acumulada, (Ludwig y Reynolds, 1988; Martín 1997), o bien como el producto:

$$\gamma = \alpha^x \beta^x$$

siendo x = el número de hábitats analizados (ecosistemas, unidades paisajísticas, etc.).

Medición de la Diversidad alfa, beta y gamma a partir del Índice de Luevano's

Descripción del modelo.

El **Índice de Luevano's**, surge como una necesidad del presente estudio, para explicar y comprender la Biodiversidad existente de un sitio, una localidad o una región. Información que es vital para cualquier país y para lograrlo es necesario establecer parámetros, que permitan identificar cambios de un periodo a otro, con este modelo se puede determinar si la biodiversidad aumenta o disminuye, se podrán generar los programas de recuperación, restauración y en ultima instancia aprovechamientos forestales, sustentados en la **diversidad y abundancia** que sumados estos dos sustentan el término de **biodiversidad**.

El **Índice de Luevano's**, es un modelo que establece con claridad la relación (especie – abundancia), formado de tres ecuaciones, una para cada tipo de biodiversidad. La dinámica a la que se esta enfrentando a las especies por lo patrones de uso de los recursos, las obliga a cambiar por lo que es necesario identificar tales cambios, que se determinan por la presencia-ausencia de especies o bien de nuevas o la extinción de algunas de ellas en ciertos sitios.

El **Índice Luevano's**, tiene una rango de lectura que va del (0 a 1), asignando el valor de (0) a la unidad o localidad con más diversidad y abundancia y por el contrario el (1) a la que tiene el mínimo número de diversidad y abundancia. Este índice evalúa los tres tipos de biodiversidad a partir de datos de campo.

Alfa diversidad con el Índice Luevano's

De acuerdo el concepto con el que se ha manejo la idea de la alfa diversidad, de solo presentar número de especies que están dentro de una unidad muestral, el **Índice Luevano's**, genera un valor de proporción, entre la riqueza específica y la abundancia, con relación al total de unidades analizadas y especies de la localidad, se calcula con la siguiente expresión:

$$ILuevano's \alpha \text{ diversidad} = \frac{\left(2(Um) \div \frac{ni}{S} \right)}{St}$$

donde:

$ILuevano's \alpha \text{ diversidad}$ = Índice de diversidad alfa.

Um= Número total de unidades muestrales analizadas.

ni= Número total de individuos en la unidad o localidad analizada.

S= Número total de especies de la unidad o localidad.

St= el número de especies totales en todas las unidades o localidades analizadas.

Beta diversidad a partir del Índice Luevano's.

Integra el valor de alfa diversidad, de ésta forma éste índice registra el valor de recambio de las especies entre (unidades muestrales, localidades, regiones etc.), se calcula con la siguiente expresión:

$$ILuevano's \beta \text{ diversidad} = \frac{1}{\left[\left(\frac{S}{ILuevano's \alpha} \right) - 1 \right]}$$

donde:

β diversidad = es el valor de la diversidad dentro de la unidad o localidad.

S= número de especies en la unidad o localidad analizada.

ILuevano's α = alfa diversidad de las unidades o localidades analizadas.

Gamma diversidad con el Índice Luevano's.

La gamma diversidad, calculada a partir del Índice Ceres, se realiza sustituyendo los valores de alfa y beta del Índice Ceres, quedando de la siguiente forma:

$$\text{ILuevano's } \gamma\text{-diversidad} = \frac{1}{(\text{ILuevano's } \alpha * X)(\text{ILuevano's } \beta * X)}$$

x= (número de hábitats, unidades muestrales, ecosistemas; unidades paisajísticas, etc.) presenta el valor de la diversidad, con relación a las especies presentes, así como el efecto de abundancia las especies, de tal forma que al aumentar la biodiversidad, los valores de gamma van disminuyendo, produciendo patrones de relación entre la diversidad y la abundancia.

Densidad y condiciones estructurales de la población

Densidad de la población

Ésta variable se determinó cuantificando el número de individuos por estado fenológico: Adulto, juvenil y plántula, para cada especie por unidad muestral.

En este análisis las variables que se evaluaron son: diferenciación diamétrica, diferenciación de altura, con ellas se determina la heterogeneidad estructural de la zona de estudio, aplicando la metodología de (Aguirre *et al.*, 1997; Jiménez *et al.*, 2001), para la diferenciación de diámetro (TD) y altura (TH) del árbol.

Diferenciación diamétrica (Índice TD)

La dividen en 5 grupos: denominándolo a partir del valor donde se ubique, de la siguiente forma, **débil** 0.0-0.2; **moderado** 0.2-0.4; **claro** 0.4-0.6; **fuerte** 0.6-0.8; **muy fuerte**: 0.8-1.0.

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

TD = diferenciación diamétrica

D-menor = diámetro menor

D-mayor = diámetro mayor

Diferenciación en altura (Índice TH)

(Lamprecht 1990; Nagel 1994; Pretzsch(1996) establecieron la distribución de las especies en tres zonas de altura.

$$TH = 1 - \frac{H\text{-menor}}{H\text{-mayor}}$$

TH = Diferenciación en altura

H- menor = altura menor

H-mayor = altura mayor

Aplicando la caracterización de Pretzch (1996) se describe la altura máxima de la población de la siguiente forma:

1. Zona de altura I: 80% - 100%. Las plantas más altas “adultos”.
2. Zona de altura II: 50% - 80%. Las plantas de media altura. “juveniles”.
3. Zona de altura III: 0 - 50%. Las plantas con la menor altura “ plántulas”.

Métodos para medir la Productividad Primaria Neta

La determinación de la productividad primaria natural neta del bosque en las Bayas, es fundamental ya que a partir de esta información, se podrá generar programas, que permitan su aprovechamiento sustentable, la obtención de esta información se obtuvo

con el modelo de producción natural neta aplicando el modelo de (Rosenzweig 1968), el cual está integrado en el programa (Procli ver 1.0, (2004) Desarrollado por la Universidad de Huelva España, para la descripción del modelo ver (Ritter 1999), también se aplicó el modelo propuesto por (Paruelo *et al.*, 1999; Sala *et al.*, 2000), denominado PPNA, como se describe a continuación.

Modelo de Productividad Primaria Neta Área PPNA

Se denomina Producción Primaria Neta Aérea (PPNA) a el aumento de la biomasa vegetal por encima del suelo (es decir excluyendo raíces y órganos subterráneos), generalmente se le expresa en gramos por metro cuadrado (g/m^2) o en kilogramos por hectárea (Kg/ha^{-1}). Paruelo *et al.*, (1988) formularon la ecuación para calcular la PPNA a partir de la PMA (precipitación media anual) de un sitio:

$$PPNA \text{ promedio} = -34 + 0.6 \times PMA$$

Posteriormente, Sala *et al.*, (2000) describieron la relación entre la pendiente del modelo temporal (Pend. M. Temp.) y el modelo espacial a lo largo de un gradiente de precipitaciones:

$$Pend. M. Temp. = 0.128 + \frac{0.83648}{1 + e^{0.1304 \times (PMA - 424)}} - \frac{0.83648}{1 + e^{0.0132 \times (PMA - 644)}}$$

La PPNA de un sitio en un año particular se puede calcular, entonces, a partir de las ecuaciones:

$$PPNA_{\text{sitio,año}} = -34 + 0.6 \times PMA + Pend. M. Temp. * (PPT - PMA)$$

PPT= representa la cantidad total de lluvia que recibe un sitio en un año determinado.

Valor de Importancia

Se aplicó la metodología del Índice del Valor de Importancia (IVI) sugerida por Lamprecht (1990), la cual es una medida de cuantificación para asignarle a cada especie su categoría de importancia y se obtiene de la suma de la Abundancia relativa,

Frecuencia relativa y Dominancia relativa. La abundancia relativa es la proporción porcentual de cada especie entre el número total de los árboles multiplicados por 100, el valor máximo que se obtiene de la suma de todas las especies solo puede llegar a 300 % del IVI. Así valores menores a éste ya es un indicador de que algunas especies tienen problemas sobrevivencia, y en la localidad hay disturbios importantes.

Se obtiene calculando:

$$VI=Der+Dor+Fr$$

VI= Valor de Importancia (%)

Der= Densidad relativa

Dor= Dominancia relativa.

Fr= Frecuencia relativa.

Densidad Relativa = No. de individuos de una especie x 100/ número total de individuos.

Dominancia Relativa = se calcula como la proporción de una especie en el área basal total evaluada multiplicado por 100.

Frecuencia Relativa = el porciento de la suma de una especie entre la suma de las frecuencias de todas las especies multiplicado por 100.

Programas estadísticos utilizados, se han usado programas estándares de estadística, Métodos Estadísticos Ver 1.1 Olivares (2000), Ecology Ludwig y Reynlods (1988) Community Analysis Paq 3. Ver 3.01 (2004), Biodiversity Pro ver 3.0 (2004), y el Programa Procli Ver 1.0, (2004), así como procesadores de texto y de hojas de calculo Office 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biodiversidad del Género *Pinus* en las Bayas

Para el conocimiento de la Biodiversidad, el primer paso es el inventario biológico (Toledo 1994), y evaluar esta diversidad, para ello se han desarrollado diversos métodos, sin embargo en las evaluaciones puntuales estos no han sido del todo indicativos de la biodiversidad (Chiarucci *et al.*, 2003; Brose *et al.*, 2003; Brose y Martínez 2004), estos autores, aplican métodos no paramétricos para determinar la riqueza de especies en comunidades de alta diversidad y concluyen que estos métodos no son del todo fiables, ya que presentaron valores negativos, que dificultan su interpretación y además sugieren buscar diversos métodos que permitan medir la Biodiversidad, a pesar de ello consideran que estos pueden ser adecuados, mientras no se tenga un nuevo modelo.

En diferentes estudios se ha mencionado que la flora fanerogámica de México es de por lo menos de 23 000 especies y un máximo de 30 000 y que el bosque de pino encino tiene una riqueza florística de 7000, (Toledo y Ordoñez 1993). En las evaluaciones se ha reportado que el bosque de coníferas y encinos en México cubre 376 812.29 Km² siendo el 19.35 % según datos de Semarnat (2000). El Estado de Durango cuenta con una superficie de 4 989 401 ha de bosques de coníferas, y la zona de estudio con 5068 ha, ésta ocuparía el (0.1 %) de la superficie estatal. De las Gimnospermas en el país Rzedowski (1978) reportó un total de 71 especies, siendo el más diversos el género *Pinus*, con 48 especies, para (Styles, 1993) este número representa el 48% del total de especies conocidas en el mundo, por lo que ello sitúa a México en el primer lugar mundial en cuanto a riqueza de especies del género *Pinus*, (Cordero y Morales, 1998) hacen un estudio y reportan que el 50% de ellas son endémicas y 22 están en peligro de extinción. En Durango García y González (1998) consideran para las pináceas a 4 géneros y 24 especies, dos son *Abies* uno es *Picea* y otro de *Pseudotsuga*, y del género *Pinus* identificaron a 20 especies, siendo entonces ésta entidad una de las más importantes en cuanto a biodiversidad en coníferas, ya que representa el 33 % de lo reportado a nivel mundial.

Con relación a la biodiversidad de coníferas de las Bayas ésta se forma de 3 géneros

(*Cupressus*, *Pseudotsuga* y *Pinus*), *Pseudotsuga*, (Tabla 2.1) con una especie, reconocida en este trabajo, que de acuerdo a la clasificación de García y González (1998), se incluiría en el género *Abies*, con una especie *Abies durangensis*; sin embargo a partir de la caracterización que hace Miranda (1948), esta especie tiene más afinidad con *Pseudotsuga*, por tanto sería *Pseudotsuga durangensis*, lo cual crea la necesidad de realizar un estudio más especializado que permita ubicar taxonómicamente con mayor exactitud a este especie. Con respecto al género *Pinus*, es el más diverso y de mayor densidad, esta representado por 12 especies (Tabla 2.1), la biodiversidad del género *Pinus*, en relación al número de especies, éste tiene el 54%, por lo cual la localidad es de gran importancia genética. Éste estudio es el primero que se realiza en esta localidad con fines de conocer su biodiversidad, por lo que no se pudo decir, si existe disminución o incremento de especies, sin embargo por sus diversidad genérica, es muy probable que haya albergado más especies que las registras en el presente estudio, ya que se encuentra en el Municipio de Pueblo Nuevo Durango, el cual tiene la mayor superficie forestal del estado (INEGI 1997) con una superficie de 385,144 ha. De acuerdo con los datos de la (Figura 2.5), la densidad poblacional es muy baja para la mayoría de las especies y unidades muestrales (Tabla 2.1) a muchas especies se les puso en peligro de extinción de en las Bayas, derivado en su mayor parte del aprovechamiento forestal tan violento que se instrumentó, durante los años varios años.

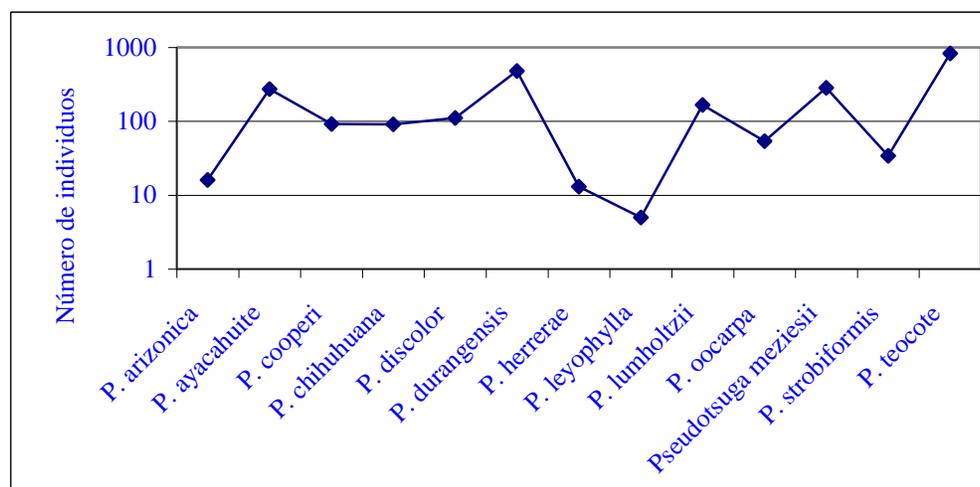


Figura 2.5. Datos generales de la riqueza de especies de coníferas en las Bayas.

Tabla 2.1. Riqueza y abundancia de especies, y su distribución por unidad muestral.

	U	N	I	D	A	D				M	U	E	S	T	R	A	L			
Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Pinus arizonica</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	6	
<i>Pinu.ayacahuite</i>	0	36	76	0	7	37	1	2	4	30	15	5	10	1	4	0	7	0	19	18
<i>Pinus .cooperi</i>	0	0	53	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinus chihuahuana</i>	65	5	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinus discolor</i>	0	78	22	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Pinus durangensis</i>	20	16	122	0	13	137	67	37	0	3	8	6	0	2	2	0	0	36	5	6
<i>Pinus oocarpa</i>	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0	0	1	2	0	
<i>Pinus herrerae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinus leiophylla</i>	65	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
<i>Pinus lumholtzii</i>	0	22	9	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pseudotsuga.menziasii</i>	0	0	0	0	98	8	0	0	72	37	26	8	32	2	0	0	0	0	0	
<i>Pinus srabiormis</i>	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinus teocote</i>	8	30	62	15	10	53	63	50	0	66	95	104	0	18	116	0	14	35	56	37
No. de individuos	196	187	369	17	134	239	131	115	116	140	144	123	48	24	122	101	21	73	82	67
No. de especies	6	6	8	2	5	5	3	6	4	5	4	4	3	5	3	2	2	4	4	4

Estimación de la Diversidad Alfa

Generalmente, la riqueza de especies se ha medido como un simple conteo del número de especies en relación con un área determinada, aunque esta medida resulta útil para describir la situación sobre el conocimiento de la biodiversidad de un país, resulta oportuno e importante considerar una aproximación que reconoce además los procesos que determinan la riqueza de especies (Martín 1997; Moreno 2001). La clasificación de la diversidad en alfa, beta y gamma debe incluir esta consideración a diferentes escalas y Pielou (1975) propone que se debe buscar por una vía diferente, un índice de biodiversidad de carácter totalizador (esto es que incluya todos los grupos de organismos

presentes en un espacio determinado) y que para ser útil debe cumplir con dos propiedades; tendrá que ser elaborado con información de campo y comprendido rápidamente por los no especialistas y Toledo (1994) considera que en todos los casos se trata de descubrir patrones en los eventos que se abordan. La diversidad gamma (o regional) es la que hace que México sea considerado como un país de megadiversidad y está determinada principalmente por factores históricos (Sarukhán *et al.*, 1996). A decir de (Arita 1993), la diversidad beta no se puede medir de una manera estándar, sin embargo considera que para México existen excelentes casos que la ilustran.

De los resultados obtenidos en las Bayas, la (Figura 2.6) muestra el índice de diversidad de Simpson que de acuerdo a la aplicación que se le ha dado para describir la diversidad alfa, éste índice más bien describe la variabilidad en la abundancia de las especies en cada localidad, sustentado no en la diversidad sino en el número de individuos, de ahí que la unidad 3 y 6, tengan los valores más altos (Tabla 2.1), además como no existe un parámetro que indique si el valor obtenido en cada localidad es alto o bajo, es difícil describir si hay mucha o poca diversidad, por otro lado al describirse este modelo como una forma de medir la diversidad alfa de una localidad tal como es definida por (Martín 1997 y Moreno 2001) no representa, tal diversidad.

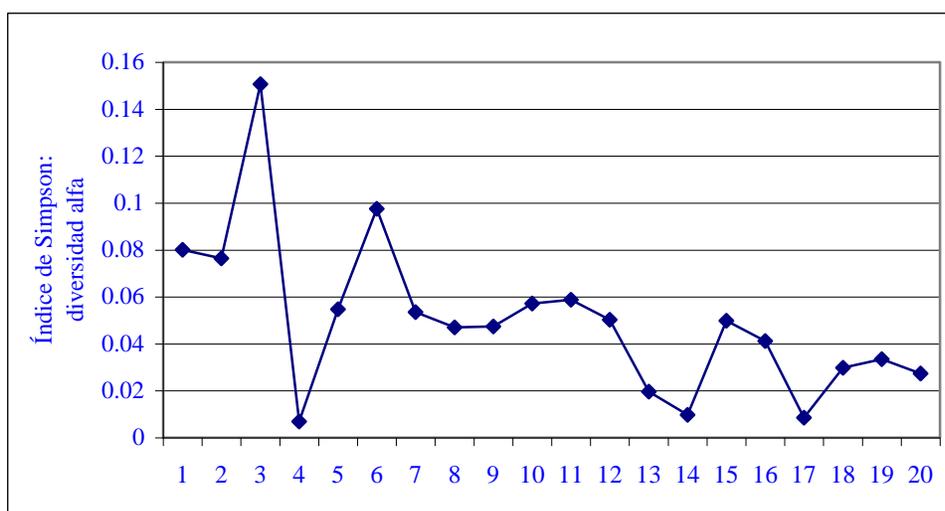


Figura 2.6: Índice de diversidad alfa de Simpson, de las Bayas, representa la variación de la abundancia entre las localidades, más no a la diversidad local o alfa.

Otro índice más comúnmente utilizado para medir la diversidad alfa es el de Shannon-Weinner, (Figura 2.7), éste índice, más que describir la diversidad alfa, describe la abundancia de las especies por localidad, como se puede apreciar para cada una de las localidades analizadas, así la localidad 3 y 4 son la de mayor y menor número de individuos (Tabla 2.1) y lo considerado por (Magurran 1988, Moreno 2001) que éste índice permite medir el grado de incertidumbre al predecir a cuál especie pertenecerá a un individuo escogido al azar, no es sencillo de identificar, ya que éste no cambia con la diversidad, sino con la abundancia de las especies presentes. Y de acuerdo con Pielou (1975), los modelos que describan la diversidad deben ser claros e integrar a todas las especies, y con estos dos modelos no se cumple tal postulado. Del Río *et al.*, (2003) reportan que existe una variación importante del índice de Shannon y Simpson en función del número de especies, así para sitios con 0.05 especies el valor en ambos es de 0.68 y 0.73 respectivamente.

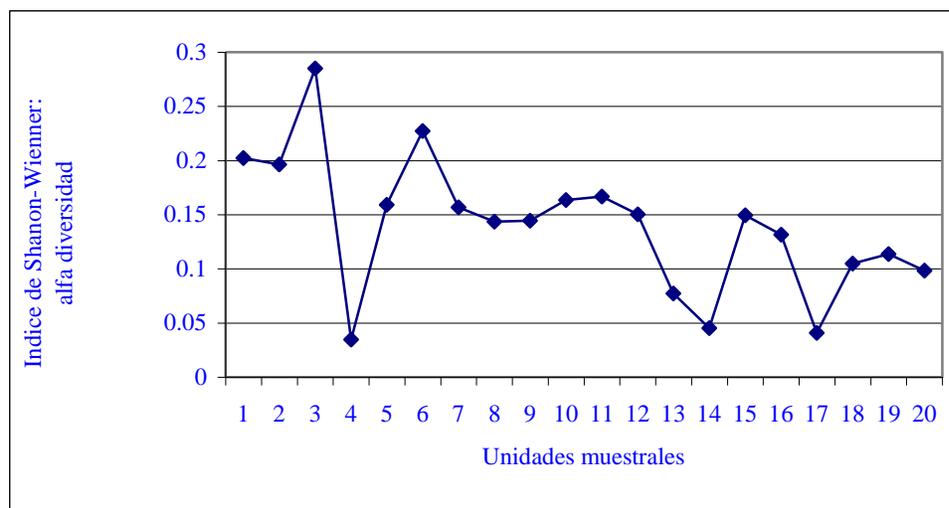


Figura 2.7: Índice de diversidad de Shannon-Weiner, de las Bayas, se puede apreciar que el valor para cada unidad representa la abundancia de las especies, de tal forma que la unidad 3 es la que tiene el mayor número de individuos, mientras que la 4 es la que tiene menos abundancia.

Índice de Luevano's de alfa diversidad

De todas las percepciones que se tienen de la alfa diversidad por diversos autores (Wittaker 1960, 1975; Martín 1997; Moreno 2001) es la que representa la diversidad de un sitio, para (Pielou 1991 y Halffter, 1998), además debe ser analizada a través de un índice que relacione la distribución de la abundancia en el conjunto de especies. La (Figura 2.8) muestra el mosaico de la biodiversidad alfa de las Bayas, concebida bajo tales criterios, obtenida de aplicar el modelo del **Índice Luevano's**, describiendo la variabilidad con respecto a la abundancia y diversidad, que se requiere conocer de un sitio determinado de forma cuantitativa de ambos elementos, que son el constituye de la biodiversidad, aspecto que se ha buscado por diversos autores y modelos durante muchos años, así en este estudio, con este modelo se obtiene esa relación, por tanto si ambos elementos no tienen datos cuantitativos, solo se referencia a la diversidad que es solamente el número de especies presentes en un sitio, región etc.

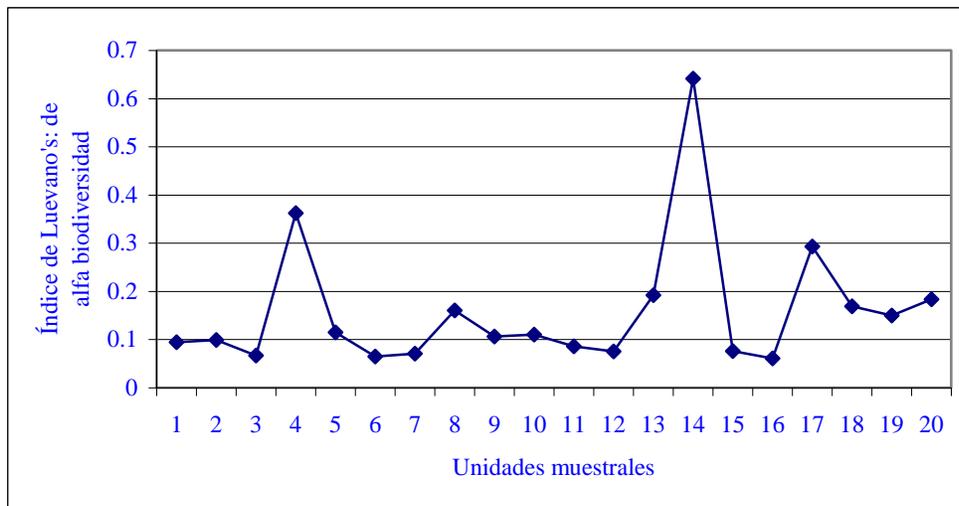


Figura 2.8. Índice de Luevano's de biodiversidad alfa, de las Bayas, se observa en cada una de las unidades, la unidad 3 es la que tiene la mayor diversidad, mientras que la 4, 14 y 17 son las de menor biodiversidad.

Por lo anterior las unidades 4, 8, 13, 14 y 17, ubicando a estas últimas de alto riesgo, principalmente la 14, que a pesar de que hay más especies el número de individuos totales es muy bajo, por ello se refleja un menor valor, por otro lado muestran que existe

la posibilidad de que otras especies concurren a ocupar espacios vacíos. Son áreas muy frágiles y consecuentemente cualquier factor intrínseco o extrínseco que evite el aumento de la diversidad, aumentará este valor hasta desaparecer por completo las especies, por lo que si el valor llega a (1), se puede considerar que las formas de vida no existen. Los valores así son de fundamental importancia entenderlos rápidamente como los sugiere (Pielou 1975), siendo éstas unidades las que presentan el mayor problema de conservación del la zona de estudio, por último valores debajo de (0.1), son áreas con menor problema de biodiversidad.

Estimación de la Diversidad Beta con el modelo de Wittaker (1960)

En la (Figura 2.9), se presenta el índice de diversidad Beta de Wittaker, éste índice toma el valor de las especies y diferencia con mucha claridad el número de ellas para cada unidad muestral, que bajo la definición de (Wittaker 1975) de éste índice, el resultado refleja la alfa diversidad, mas no la Beta diversidad, que es lo esperado, como lo mencionan (Martín 1997; Moreno 2000).

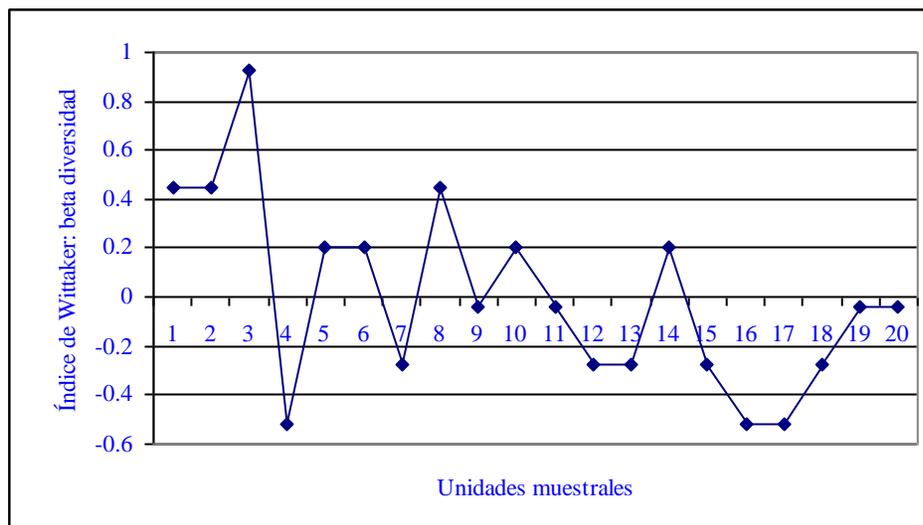


Figura 2.9. Índice de diversidad Beta de las Bayas, calculado con el modelo de Wittaker (1975), este índice toma los valores del número de especies presentes en cada localidad, así la más diversa es la unidad 3 y las que tienen menor diversidad 4, 16 y 17, lo cual refleja la alfa diversidad y no la beta.

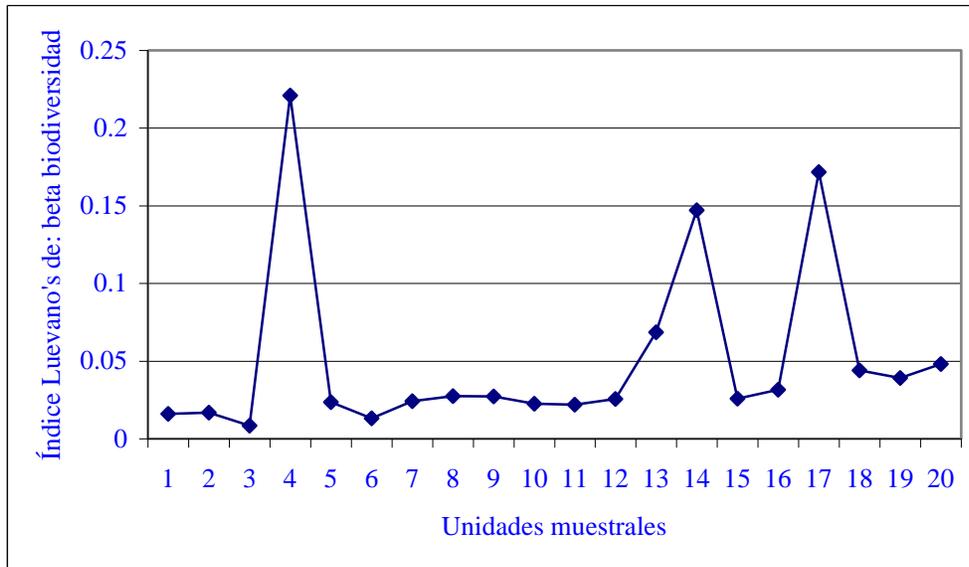


Figura 2.10. Índice Luevano's de beta biodiversidad. Las unidades 3 y 6, con la mayor biodiversidad y la 4, 14 y 17 por el contrario, el índice demuestra las condiciones de biodiversidad de cada unidad y su relación con la abundancia.

Índice Luevano's de beta biodiversidad, en la (Figura 2.10) se puede observar que la diversidad obtenida con éste índice, no es solamente es el número de especies presentes en un localidad o sitio y la diferencia con respecto a la unidad contigua, sino la proporción o abundancia, con la que contribuye cada especie presente, en cada unidad, así se tiene que la unidad 4 con 2 especies y 17 individuos tiene el valor mayor, la 14 con 5 especies y 24 individuos y la 17 con 2 especies y 21 individuos, reflejan las condiciones de proporción de la biodiversidad para cada sitio. Así que al incorporarse una nueva especie con un determinado número de individuos, se refleja adecuadamente en este modelo, conservando la definición de Beta diversidad de (Pielou 1991 y Halffter, 1998).

Medición de la diversidad Gamma

De acuerdo a la definición que hace Wittaker (1972) que ésta diversidad debe expresar la riqueza de especies de un grupo de hábitats, un paisaje, un área geográfica, una isla etc.),

y que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación de ellas (diversidad beta). En la (Figura 2.11) se presenta la diversidad gamma, de las Bayas obtenida con el índice de Wittaker (1975), con respecto al concepto del propio índice, la unidad 3 es la más diversa, y la unidad 4 la menos diversa, sin embargo en las unidades con el mismo número de especies, no refleja el mismo valor. Moreno (2001), menciona que son raros los estudios que relacionan esta diversidad, quizás una de las razones es porque los índices que se aplican para medir la Alfa y Beta diversidad, no generan información adecuada para su análisis, y por tanto se dificulta comprender la biodiversidad.

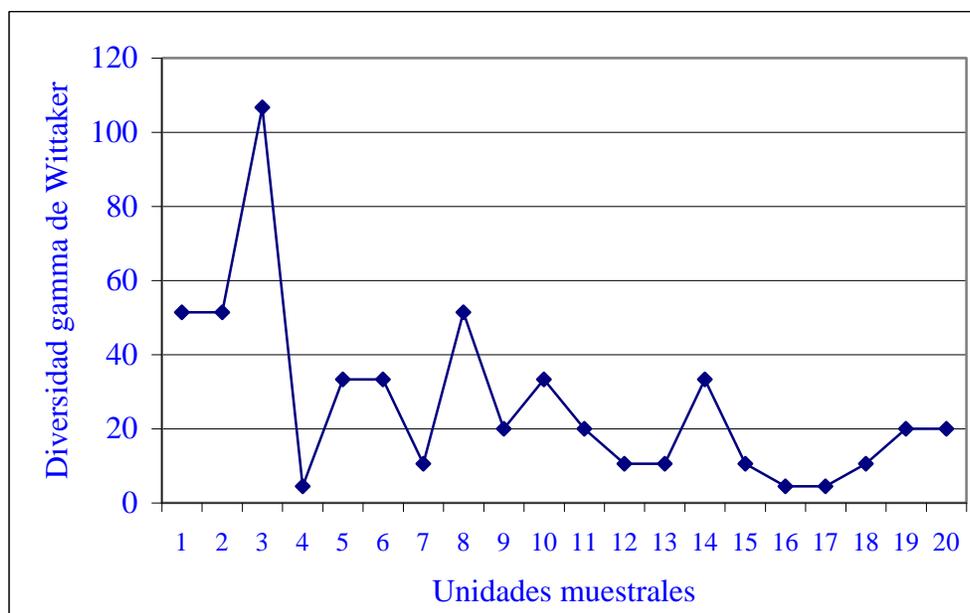


Figura 2.11. Diversidad gamma de las Bayas, obtenida a partir del modelo de Wittaker (1972), el valor de la unidad 3 con el mayor número de especies e individuos y la 4 con los valores más bajos, tienen los valores del índice opuestos, no así para 5 y 6, donde ambas comparten el mismo número de especies, por lo que se aprecia que éste índice refleja la alfa diversidad.

Índice Luevano's de gama diversidad, obtenido de los datos de las Bayas a partir de la diversidad alfa y beta, se observa en la (Figura 2.12), que el valor de cada unidad,

presenta el efecto de alfa y beta diversidad adecuadamente, al reflejar la diversidad puntual y del predio en su totalidad, por lo que las unidades con el valor más bajo del índice, está en la 1, 2, 3 y 8 y corresponde según la (Tabla 2.1), a los sitios con más elevada diversidad y abundancia y de acuerdo con (Pielou 1991 y Toledo 1993), los modelos para medir la biodiversidad deben de expresar adecuadamente tales condiciones, y se observa que los valores mayores en la figura corresponden a las unidades con menos diversidad y abundancia, por lo que el modelo proporciona la información necesaria para considerar que existen sitios con alto grado de deterioro, las unidades con un valor del índice mayor a 0.2 se convierte en indicador importante de la baja población y diversidad, y un rango óptimo de alta diversidad debe estar entre 0 y 0.1 con éste índice.

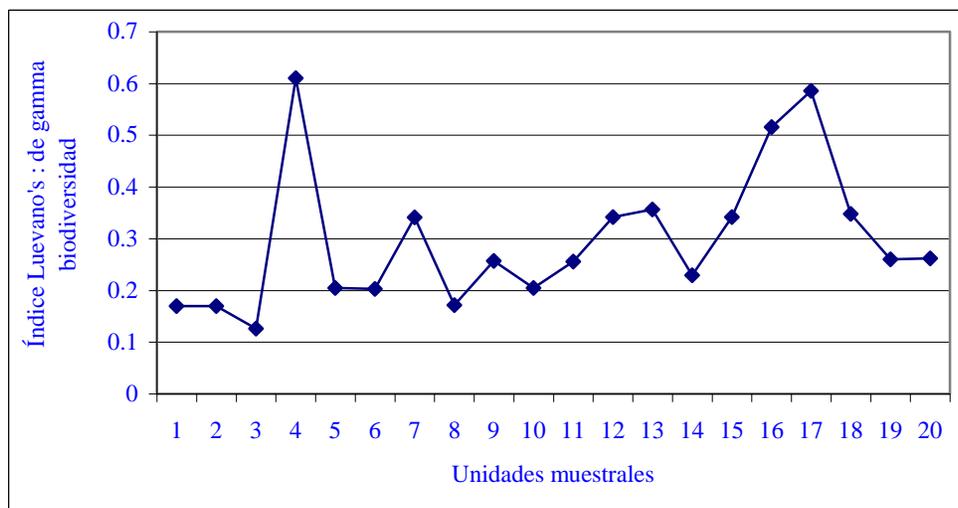


Figura 2.12. Índice Luevano's de gamma biodiversidad, se aprecia que las unidades (1-2; 5-6, 19-20), tienen el mismo valor, derivado del efecto de alfa y beta diversidad, mientras que la unidad 3 y la 4 conservan su valor alto y bajo respectivamente.

El Índice de Biodiversidad Nacional (NBI) propuesto por la Sociedad para la Conservación de la Biodiversidad (SCBD 2001) reportado por (Orduño 2001), y aplicado en los mamíferos de Europa, encuentra un rango que va de 0.2 a 0.5 haciendo hincapié que éstos datos son solamente para zonas agrícolas, Donald *et al.*, (2001) hacen un análisis retrospectivo de biodiversidad con éste índice, del Reino Unido de 1970 a 1990, en las aves y encuentran un detrimento del 20% de las especies, por lo que es otro modelo reciente para describir el problema de la diversidad.

Espectro de Biodiversidad de las Bayas

En la (Figura 2.13) se presenta el Espectro de Biodiversidad, éste termino es acuñado en este estudio, para expresar de forma sintética los valores de alfa, beta y gamma diversidad, a partir del **Índice Luevano's**, en forma teórica, cuando las tres gráficas están cerca de cero existe una alta diversidad y abundancia y entre más separadas estén entre si, existe valores contratantes en diversidad y abundancia entre las especies para cada unidad, localidad o región analizadas. Consecuentemente las Bayas, presentan problemas de biodiversidad en diferentes unidades muestrales, y algunas con alto deterioro del género *Pinus*.

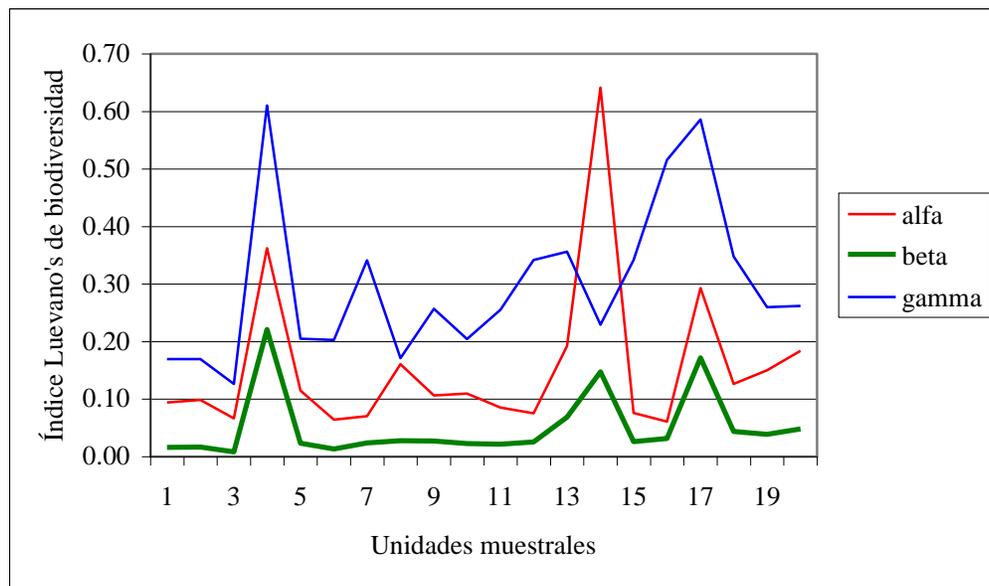


Figura 2.13. Espectro de Biodiversidad con el (Índice de Luevano's de alfa, beta y gamma) en el bosque de coníferas de las Bayas. Así el valor de alfa en las unidades 4, 14 y 17, Alfa le otorga el valor de equidad a las unidades, Beta resalta las unidades con menos diversidad y su relación con la abundancia y Gamma presenta la diferencia de biodiversidad para cada localidad y su abundancia.

Del Pino *et al.*, (2004) realizan una estudio con la aplicación de diversos índices con la finalidad de encontrar un método de medición de la biodiversidad basado en parámetros manejables por la ordenación y gestión de montes, cuyos resultados sean representativos

de la biodiversidad global, de éste estudio se obtiene que el análisis de correlación de éstas variables mediante el coeficiente de Pearson arrojó resultados que tienden a indicar, para el monte estudiado, una cierta independencia entre la biodiversidad de especies leñosas y la estructura de la masa forestal, tanto al nivel de parcela como de cantón. Y en consecuencia concluye, que no se han podido obtener relaciones matemáticas lineales excesivamente fiables entre variables controlables por la ordenación de montes y la biodiversidad de especies leñosas. Asumiendo que queda, un amplio campo de investigación abierto. Charles *et al.*, (2001) hacen una revisión de la biodiversidad, considerando el efecto de la escala, sobre el número de especies, y concluyen que los modelos hasta ahora desarrollados no dan cuenta de la gran diversidad global y tampoco pueden predecir el número o de especies que ocuparan un hábitat o parche disponible, por tanto sugieren el uso de procesos moleculares, que ayuden a comprender mejor el problema de la diversidad.

Densidad y Condiciones estructurales de la población

En la (Tabla 2.2), se tiene la distribución de la densidad de la población en los tres estratos fenológicos, y en la (Tabla 2.3) se observa que los resultados de la variable diamétrica, muestran que existe un bosque heterogéneo, sin embargo los diámetros de 0 a 0.20 son escasos en la mayoría de las especies, lo cual refleja la ausencia de regeneración, en cambio los rangos de 0.20 a 0.80 que corresponde a los juveniles es donde se representan la mayor parte de las especies de importancia comercial, en lo referente a los diámetros de 0.80 a 100, se circunscribe a solo 6 especies, que serían los adultos, reflejando con esto modelos selectivos de aprovechamiento, y que han favorecido a ciertos estados fenológicos, sin embargo los adultos aún no se han adaptado a las nuevas condiciones, al no reflejar la presencia de descendencia, ya que no se observaron, plántulas en la mayoría de las especies, las plántulas encontradas, corresponden a edades entre 6 y 9 años de edad, lo cual no las hace tan jóvenes, aspecto que tendría concordancia con lo determinado por (Hernández *et al.*, 1999), que encuentran edades de 3.7 a 6 años en otra región de éste municipio, lo cual no es regeneración reciente, así mismo también determinan una densidad de 12 a 64 plántulas por ha, en un predio que fue aprovechado 9 años atrás, concluyendo que hay una baja regeneración natural en *Pinus cooperi*, por otro lado (Morales *et al.*, 2005) en otra localidad del mismo municipio encuentran que los diámetros oscilan entre 0.18 y 0.34, concluyendo que es un bosque homogéneo, Jiménez *et al.*, (2001) en *Pinus pseudostrobus* en la sierra Madre Oriental determinan valores entre 0.0 a 0.8, con dominancia en el nivel de plántulas, por otro lado Rayero *et al.*, (1999), consideran que los terrenos con aprovechamientos forestales, que no son limpiados de los residuos, no favorecen la regeneración natural, sin embargo en la zona de estudio, no obstante que se han estado realizando éste tipo de prácticas, no hay la presencia de plántulas que muestre la regeneración natural, por loque tal circunstancia puede ser que no sea aplicable a cualquier sitio, por lo que habrá que realizar estudios más detallados, que confirmen tal situación, y ello derivado de que al establecer esas prácticas tambien se pierde una enorme cantidad de nutrientes, por loque tiene grandes riesgos, que justamente el

reciclado de nutrientes se da por la descomposición de ramas y hojas, entre otros eventos importantes como áreas para el establecimiento de otras especies tanto benéficas como ¿perjudiciales? y ¿la pregunta sería para quien? Son perjudiciales, las relaciones tróficas se contituyen de productores y consumidores. Estudios como los de (Gallegos *et al.*, 1999; Cruz *et al.*, 2005; Graciano *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005), atribuyen que la baja regeneración es derivada de los modelos que se han desarrollado para el aprovechamiento forestal, si éstos son los causantes de la baja regeneración, es importante considerar que el área de estudio se ha explotado desde 1983 hasta el año 2000, en que se suspendieron los aprovechamientos. Con lo cual se puede explicar, en cierta forma porque la regeneración en la mayoría de las especies esta ausente, así como la distribución de las especies dentro de las unidades muestrales, la que no es homogénea, reflejando algunas unidades muestrales, que fueron más sobre explotadas que otras.

Tabla 2. 2. Distribución de la densidad por estado fenológico de las especies en las Bayas.

<i>Especies</i>	Adultos	Juveniles	Plántulas	Totales
<i>Pinus arizonica</i>	5	11	0	16
<i>Pinus ayacahuite</i>	100	91	81	272
<i>Pinus cooperi</i>		92		92
<i>Pinus chihuahuana</i>	91			91
<i>Pinus discolor</i>	78		33	111
<i>Pinus durangensis</i>	384	68	28	480
<i>Pinus oocarpa</i>		10	3	13
<i>Pinus herrerae</i>	2		3	5
<i>Pinus leiophylla</i>	90	76		166
<i>Pinus lumholtzii</i>	24	18	12	54
<i>Pseudotsuga menziasii</i>	64	101	118	283
<i>Pinus strobiformis</i>		30	4	34

<i>Pinus teocote</i>	120	497	215	832
----------------------	-----	-----	-----	-----

Diferenciación diamétrica

Tabla 2.3. Diferenciación de diámetros de las especies de pinos identificadas en el Predio las Bayas.

Especie	0.0- 0.20	0.20- 0.40	0.40- 0.60	0.60- 0.80	0.80-100
<i>Pinus arizonica</i>		X	X		
<i>Pinus ayacahuite</i>	X	X	X		
<i>Pinus cooperi</i>			X		X
<i>Pinus chihuahuana</i>					X
<i>Pinus discolor</i>					X
<i>Pinus durangensis</i>					X
<i>Pinus oocarpa</i>		X			
<i>Pinus herrerae</i>	X				
<i>Pinus leiophylla</i>			X		
<i>Pinus lumholtzii</i>		X	X	X	
<i>Pseudotsuga menziasii</i>	X	X			X
<i>Pinus strobiformis</i>	X	X			
<i>Pinus teocote</i>	X	X		X	X

Distribución vertical de las especies

La distribución por la altura de las especies (Tabla 2.4), que reflejan es la de un bosque alto, debido a que el estrato no. I correspondiente a la máxima altura del dosel árboles entre 20 y 30 m, es la dominante.

Tabla 2.4. Distribución vertical de especies de coníferas en las Bayas.

Especie	Individuos	Estrato		
		I (%)	II (%)	III (%)
<i>Pinus arizonica</i>	5 11	70	30	
<i>Pinus ayacahuite</i>	81 91 100	36.8	33.5	29.7
<i>Pinus cooperi</i>	92		100	
<i>Pinus chihuahuana</i>	91	100		
<i>Pinus discolor</i>	111	71		29
<i>Pinus durangensis</i>	384 28 68	80	14.2	5.8
<i>Pinus oocarpa</i>	10 3		77	23
<i>Pinus herrerae</i>	2 3	40	60	
<i>Pinus leiophylla</i>	90 76	54	46	
<i>Pinus lumholtzii</i>	24 18 12	45	33	22
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	64 101 118	41.7	35.8	22.5
<i>Pinus strobiformis</i>	4 30		71	46
P.teocote	120 497 420	26.3	62.4	88.7

El estrato II, con árboles de 10 a 20 m, por último el no. III con árboles de 1 a 10 m., que representa las plantas con la menor altura, con lo cual se puede describir adecuadamente la estructura vertical del bosque como le mencionan (Jimenez *et al.*, 1999), caracterizándose como un bosque heterogéneo.

Esto es el estrato I con el 45%, el II con el 38.5% y el III con solo el 16.5% de la población total. Las especies con presencia en los tres estratos son: *Pinus Ayacahuite*, *Pinus discolor*, *Pinus durangensis*, *Pinus lumholtzii*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus teocote*, cubriendo un 46% de las unidades analizadas (Tabla 2.4). Lo que refleja que el

aprovechamiento forestal con criterios comerciales, provoca enormes disturbios, al extinguir especies de ciertas áreas, evidentemente el efecto sobre la sobrevivencia, de las que aún permanecen es totalmente incierto, debido evidentemente a las relaciones biológicas que se presentan en el ecosistema (Luévano 2002) en las que se dan asociaciones perfectamente definidas.

Indudablemente los efectos negativos en los diferentes estados fenológicos de la población no han sido valorados para muchas especies y este es un grupo poco estudiado en ese sentido, la heterogeneidad debido a la altura de las plantas, coincide con los reportado por Jiménez *et al.*, (2001) donde se concluye que los modelos aplicados permiten identificar las condiciones estructurales de la población.

Valor de importancia de las especies

De acuerdo a los resultados del Índice de Valor de Importancia (IVI) (Tabla 2.5) se observó que las especies con mayor valor son *Pinus teocote* con 129.1%, *Pinus durangensis* con 49.6 %, *Pinus ayacahuite* con 29.8 % y *Pseudotsuga mezesii*, con 22.6. Estas cuatro especies suman el 231.1%, como se ha mencionado, son especies que tienen una amplia distribución en la zona de estudio y son las más abundantes, el resto de las especies tienen el IVI, muy bajo, restando solamente un 53.9, que se distribuye en 9 especies y la suma del total que se alcanza es de 285 % del IVI, por lo que es un bosque dominado por 4 especies. En estudios similares realizados por Gallegos *et al.*, (2000), muestran un patrón similar de donde solo unas pocas especies dominan los bosques, y concluyen que es debido al modelo de aprovechamiento forestal. Las prácticas de aprovechamiento silvícola unas orientadas a la regeneración natural, han provocado el efecto contrario y algunos de los factores que inciden directamente en ella son: pérdida del mantillo orgánico, y por ende ha disminuido la densidad, la depredación ha aumentado en plantas y semillas, como lo comentan (Chacón, 1983; Rivero *et al.*, 1990; Bradstock 1991; Segura y Snook 1992; Eckelman 1992; 1993; Estrada 1997), en la zona de estudio se observa una actividad similar, ya que ardillas y topos han aumentado su presencia en las especies que están produciendo semillas, compitiendo con aves endémicas el género (*Ripalis*) que ha disminuido su población de (1999- 2005).

Tabla 2.5. Valor de importancia de las especies, del Género *Pinus*, registrados en el predio las Bayas.

Especies/ U m	Número de Individuos (n _i)	Abundancia Proporcional (p _i)	Abundancia relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
<i>P. arizonica</i>	16	0,01	0,65	0.000555775	4	4.7
<i>P. ayacahuite</i>	272	0,11	11,11	2.730523738	16	29.8
<i>P. cooperi</i>	92	0,04	3,76	0.105658083	2	5.9
<i>P. chihuahuana</i>	91	0,04	3,72	0.102250025	3	6.8
<i>P. discolor</i>	111	0,05	4,53	0.185570176	5	9.7
<i>P. durangensis</i>	480	0,20	19,60	15.00593139	15	49.6
<i>P. herrerae</i>	13	0,01	0,53	0.000298105	5	5.5
<i>P. leyophylla</i>	5	0,00	0,20	1.69609E-05	2	2.2
<i>P. lumholtzii</i>	166	0,07	6,78	0.620673936	3	10.4
<i>P. oocarpa</i>	54	0,02	2,20	0.021365867	3	5.2
<i>Pseudotsuga mezesii</i>	283	0,12	11,56	3.075378337	8	22.6
<i>P. strobiformis</i>	34	0,01	1,39	0.005333054	2	3.4
<i>P. teocote</i>	832	0,34	33,97	78.14644448	17	129.1

Relación de los Factores Físicos y Ambientales con las Especies.

La mayoría de las investigaciones anteriores sobre el estudio de la elevación del bosque se han enfocado en factores abióticos, normalmente considerado la latitud como un sustituto de temperatura (Cogbill y White, 1991; Körner, 1998). Los resultados de la zona de estudio con relación a la elevación, para cada unidad muestral, se encontró que se distribuyen desde los 2693 a los 2976 m.s.n.m, (Figura 15) y (Cap I Figura 3), coincidiendo con lo descrito por (Jobbágy y Jacson 2000) (Figura 14) que muestra que la distribución de coníferas en ambos hemisferios, las especies se distribuyen desde los 1000 hasta los 3000 m.s.n.m., éste representa el límite superior del dosel del bosque y se asocia con disminución de temperatura a lo largo del gradiente. Siendo *Pinus herrerae*, *Pinus teocote*, las especies encontradas en la mayor elevación, ésta distribución

concuera con la descripción que hace (Scuderi, 1987) de líneas del bosque que puede verse como el resultado de una confrontación de la frontera abiótica y el biótica, menciona que el clima de elevaciones más altas es menos favorable y actúa recíprocamente con la tolerancia de especies arbóreas, determinando su límite superior, en cambio *Pinus ayacachuite* y *Pinus teocote*, son las especies que ocupan la elevación menor, teniendo ésta última un rango amplio, para adaptarse a las diversas condiciones térmicas de la localidad.

En la (Tabla 2.6) se presenta la ANOVA, correspondiente a la elevación, la correlación es de 0.90, y su coeficiente de determinación $R^2=0.807$, con una F calculada de 51.22, con nivel de significancia de $p < 0.05$, se concluye que hay relación lineal con la variable elevación en la distribución altitudinal de las especies. La distribución pudiera estar influida por la temperatura como lo menciona (Jobbágy y Jacson 2000) que en función de este factor determinan una $R^2=0.50$, asociada la distribución altitudinal de las especies, por lo que la obtenida en las Bayas, tiene un valor muy similar, ello es a su vez permite entender porque están, tan ordenadas a lo largo de ese gradiente altitudinal, respecto que esta confirmado estadísticamente por (Oshawa, 1990; Cogbill y White, 1991; Malyshev, 1993) en diferentes regiones del mundo y Chetri (2004), determina a un grupo de coníferas entre los 2100 y los 3200 m.s.n.m, y considera que este es el patrón para este grupo vegetal, aspecto que coincide con la distribución localizada en las Bayas (Figura 2.15).

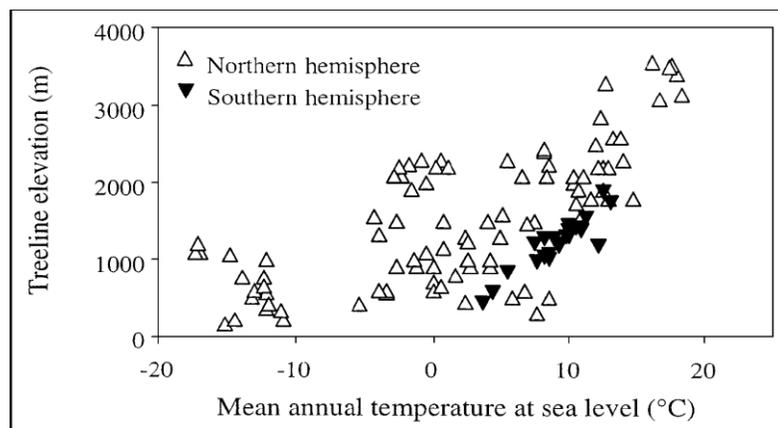


Figura 2. 14. Fuente: (Jobbágy y Jacson 2000).

Tabla 2.6. De ANOVA , para la variable elevación (m) VS Eje I.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.	R ² ajustada	Correlación de Pearson
Regresión	6.086	1	6.086	51.222	.000	0.807	0.908
Residual	1.307	11	.119				
Total	7.393	12					

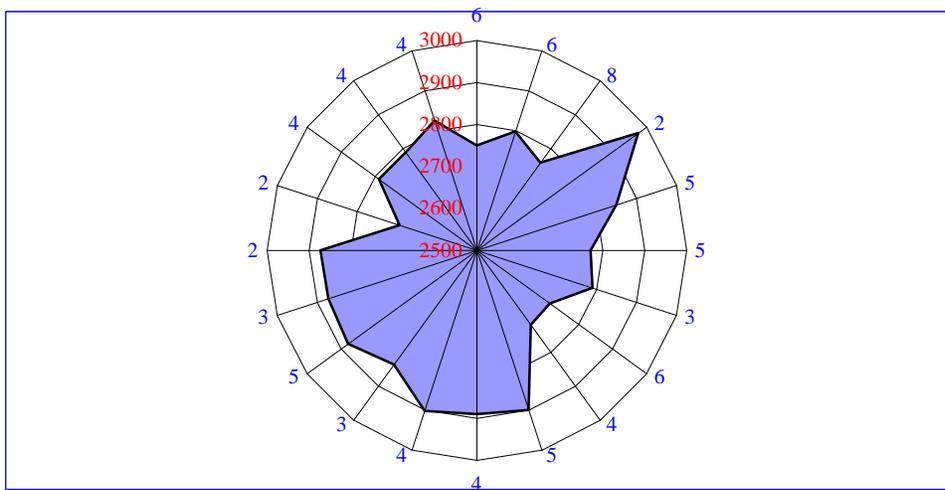


Figura 2.15. Distribución altitudinal del número de especies, el menor valor corresponde a 2693 y el máximo a 2976 m.s.n.m.

Otra de las variables físicas que han resultado de interés es la exposición, (Tabla2.7) con una R² de 0.25 y correlación negativa de -0.56, y una p=<0.05, estos valores permiten concluir que existe relación lineal negativa. A partir de su correlación, se puede suponer que la exposición se convierte en limitante para algunas especies, se ha dicho por diversos autores que la exposición sur favorece el desarrollo y crecimiento de muchas especies, mientras que la ubicación norte es menos adecuada, sin embargo en la (Figura 2. 16), se puede apreciar que la mayor parte de especies se distribuyen entre el norte y el sur, el oeste y el este con un poco menos, por lo que las especies presentes, se ubican en todas direcciones, por lo que esto no llega a presentar un patrón, esto quizá, este

indicando que los aprovechamientos forestales se realizaron en todas las direcciones, y que propiamente la exposición, si es un limitante el efecto no está muy claro sobre la preferencia de las especies en este estudio, sin embargo será necesario realizar estudios más detallados que expliquen cuales especies son las que más se ven afectadas por este factor.

Tabla 2.7. De ANOVA , para la Variable Exposición (grados) VS Eje I.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.	R ² ajustada	Correlación de Pearson
Regresión	2.316	1	2.316	5.019	.047	0.25	-0.56
Residual	5.077	11	.462				
Total	7.393	12					

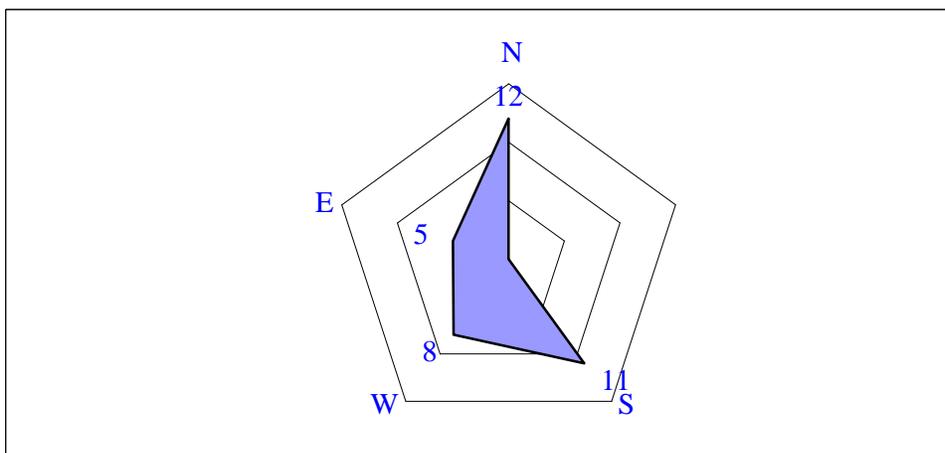


Figura 2.16. Orientación del número de especies con respecto a la exposición.

El tercer factor que fue la pendiente, no presentó significancia de por ello no se considera en el análisis del presente estudio.

Producción Primaria

La importancia de conocer la ganancia de biomasa de un ecosistema, ha llevado a diversos estudios ha desarrollar metodologías, que permitan entender en cierta medida si los ecosistemas naturales o los desarrollados por el hombre, se mantienen en crecimiento

o se deterioran, los trabajos de (Ritter *et al*, 1986, 1988; Stakhiv 1993), desarrollado para diferentes ecosistemas de la República Mexicana, ajustaron valores observados producción de biomasa y de sus respectivos índices, de acuerdo con Budyko(1974). Ritter *et al.*, (1988), considera que cuando existen buenas cosechas agrícolas, también se tienen buenos crecimientos en los ecosistemas naturales, sirviendo los primeros como índices o indicadores de la productividad anual esperada en los ecosistemas naturales, considera que las relaciones en función de la temperatura no son aplicables a México, ya que éstas tienden a sobrestimar los valores esperados en el ecosistema (Ritter 1996), La PPN (productividad primaria neta) de las Bayas, aplicando el modelo de Rosenzweig (1968), se presenta en la (Tabla 2.8), considerando una capacidad de campo (Cc) de 100 mm de agua, la PPNP (producción primaria neta potencial) se obtuvo de 861,6, como valor potencial, y la mínima de 469.4 y máxima en 1,581.6, gr/m²/año, y de acuerdo con lo que sugiere Echarri (1998), (Tabla 2.9), que estima que para ecosistemas templados el valor fluctúa entre 600 y 2500 (g/secos/m²/Año), considerando el potencial estaría adecuado, sin embargo derivado de esa fluctuación entre lo mínimo y lo máximo, el índice no establece con claridad, cual sería la PPN de las Bayas, por otro lado del modelo aplicado por (Ritter *et al.*, 1999), para diferentes localidades de Tlaxcala, obtienen valores promedio de: 989-1295, mínima de 600 a 1103, y máxima de 1150 a 1750 máxima PPN, los valores de las Bayas, tiene similitud con dichos datos.

Tabla 2.8. Estimación de la Productividad Primaria Neta Potencial, con el modelo de Rosenzweig (1968).

 Nombre de la Estación		Índice de Rosenzweig	
Las Bayas			
Cc	PPNP	PPNP _{min}	PPNP _{max}
100.0	861.6	469.4	1,581.6

Cc = Capacidad de campo (mm)

PPNP = Productividad primaria neta potencial (gr/m²·año)

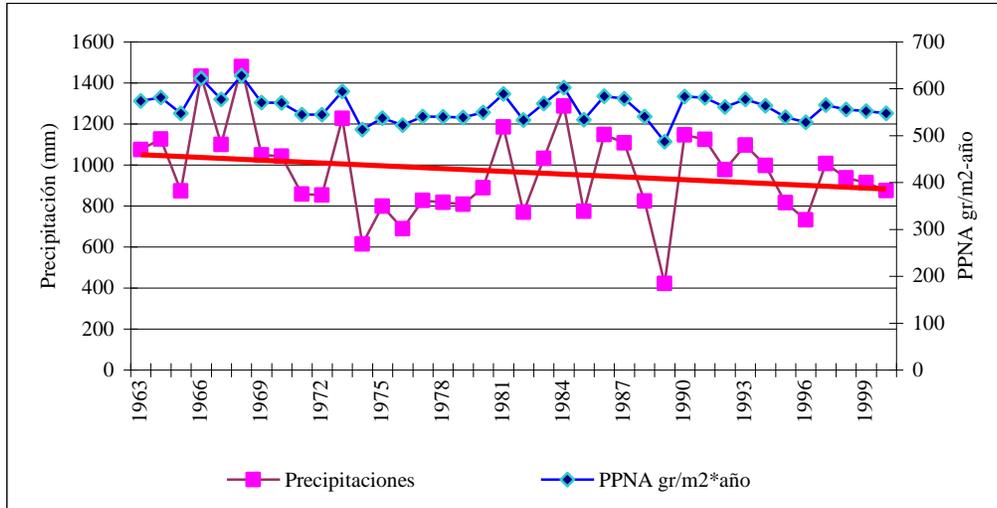


Figura 2.17. Productividad Primaria Neta Área de las Bayas, anual calculada a partir de la precipitación, obsérvese que su variación es directamente proporcional a la precipitación, aplicando el modelo de (Paruelo *et al.*, 1988, Paruelo *et al.*, 1999; Sala *et al.*, 2000).

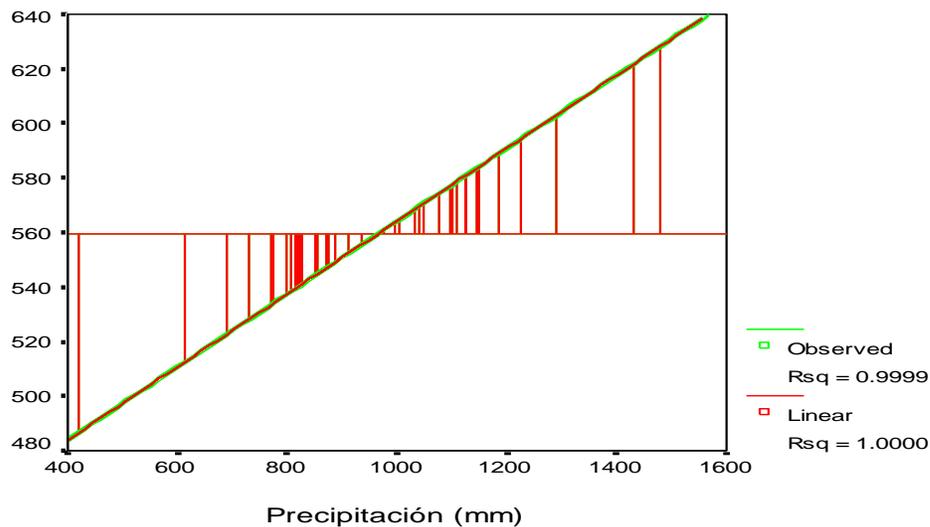


Figura 2.18. Relaciones entre la precipitación media anual, y la producción primaria neta área (PPNA), observe que la media llega aun valor de 560 gr/m²*mm/año, para las Bayas, periodo de 1963 a 2000.

Tabla 2.9. Producción primaria neta de la tierra. Fuente: Echarri (1998)

Tipo de ecosistema	Área(10km ²)	Limites normales de productividad primaria neta (g secos/m ² . Año)	Media	Produccion primaria neta (10 ⁹ ton secas/año)
Selva tropical Húmeda	24.5	1000-3500	2000	49.4
Bosque templado	12.0	600-2500	1250	14.9
Bosque boreal	12.0	400-2000	800	9.6
Bosque y terrenos de arbustos	8.5	250-1200	700	6.0
Sabana	15.0	200-2000	900	12.5
Pastizal templado	9.0	200-1500	600	5.4
Tundra y alpino	8.0	10-400	140	1.1
Desierto y semidesierto	42.0	0-250	40	1.7
Tierras cultivadas	14.0	100-3500	650	9.1
Pantano y ciénaga	2.0	800-3500	2000	4.0
Lago y corriente	2.0	100-1500	250	0.5
Total continental	149.0	2-400	773	115.2
Océano abierto	332.0	200-1000	125	41.5
Plataforma continental, flujo ascendente	27.0	500-4000	360	9.8
Lechos de algas, arrecifes, estuarios	2.0		1800	3.7
Total marina	361.0		152	55.0
Total mundial	510.0		333	170.2

Con respecto al modelo propuesto por (Paruelo *et al.*, 1988, 1999 y Sala *et al.*, 2000) de la Productividad Primaria Neta Área (PPNA), el resultado obtenido en las Bayas, mensualmente tiene una gran variabilidad e importancia, ya que la ganancia de biomasa, tiene fuertes cambios de un periodo a otro, derivado de la precipitación como se muestra que la (Figura 2.17) durante los años, de 1963 al 2000, periodo analizado de

precipitación para las Bayas, 1989 es un año muy bajo en precipitación, es donde se obtiene también el menor valor de PPNA, en la (Figura 2.18), se hace un análisis de regresión, donde la $R^2 = 0.999$ con ($p < 0.05$) que confirma que existe una relación lineal entre la precipitación y la producción primaria, el modelo permite evaluar eficientemente la PPNA a partir de la precipitación, con este modelo se determina un valor de 560 ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{mm/año}$) para las Bayas. De acuerdo a lo sugerido por Echarri (1998)(Tabla (2.9) para estos ecosistemas, esta se encuentra por debajo de lo mínimo, que es de 600 y el máximo de 2005 ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{mm/año}$).

Conclusiones:

1. Los índices de biodiversidad, aplicados en este estudio demuestran que el grupo de coníferas en la zona de estudio se encuentra en un alto riesgo, en la mayoría de los sitios, dada su baja diversidad, así mismo la determinación de los tres tipos de diversidad ofrece un panorama bastante claro, de la situación en la que se encuentra esta área del bosque templado de la Sierra Madre Occidental, por otro lado es una región de gran importancia genética, dada la alta diversidad identificada de coníferas, ya que tiene más del 50 % de la diversidad estatal, no obstante que la densidad poblacional de muchas de ellas es muy baja, por lo que se requieren programas rigurosos para su conservación, encaminados a favorecer el aumento de la densidad para la mayoría de especies, de lo contrario, muchas de ellas se pueden extinguir.
2. Las especies se encuentran altamente diezmadas, por lo que muchas de ellas no propagarse con plantaciones exhaustivas pueden correr el riesgo de desaparecer del área de estudio.
3. Para mantenerse en niveles de 560 $\text{gr/m}^2 \cdot \text{mm/año}$, depende que la precipitación del valor actual, de 966 mm, sin embargo como se presentan periodos muy erráticos de lluvias, será necesario estar evaluando año con año éste factor, para poder establecer mecanismos de restauración o de acopio de agua para los años de sequías, severas y determinar cual es la razón de esa baja productividad.
4. El valor obtenido tiene gran relevancia, ya que esto permitirá planear lo aprovechable, con fines de saneamiento, para que tenga una buena recuperación

- o restauración el bosque de forma natural.
5. Otro factor que puede estar influenciando la baja productividad es la infiltración, pendientes y el tipo de suelo.
 6. Esto finalmente refleja que la biodiversidad y densidad de la población, esta sujeta a la interacción de los factores físicos y climáticos y la influencia humana que ha sido decisiva en esta región.
 7. Finalmente se puede considerar que la altitud es un factor limitante, ya que las especies se centran en un rango de los 2600 a los 3000, y que la temperatura es fundamental para el crecimiento de estas especies, y el aumento que esta teniendo el planeta en general, esta afectando considerablemente estas regiones, y las podrán generar mayor variación en la temperatura del suelo, provocando una fractura mayor de la roca madre generando un suelo que lleno de rocas con poca retención de humedad, aumenta el problema de la permanencia del sistema.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, O.; Jiménez, J; Vargas, B. (1997). Análisis estructural del estrato arbóreo de ecosistemas forestales multicohortales. III Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias. 36 pp.
- Arita, H. (1993). Riqueza de especies de la mastofauna de México. En: Medellín, R. y G. Ceballos (eds.). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Publicaciones Especiales, vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. México, pp. 109-128.
- Bradstock, R.A. 1991. The role of fire in establishment of seedlings of serotinous species from the Sydney region. *Australian Journal of Botany*. 39: (4) 347-356.
- Brose U., Martínez N., D., y Williams J. R.(2003). Estimating species richness: Sensitivity to Sample Coverage and Insensitivity to Spatial Patterns *Ecology*, 84(9), pp. 2364–2377.
- Brose, U. y Martinez, N. D. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos* pp 105: 292_/300.
- Budyko, J. I.(1974). *Climate and Life*, Academic Press, 508.

- Cogbill, C.V. y White, P.S. (1991) The latitude-elevation relationship for spruce-fir forest line along the Appalachian mountain chain. *Vegetation*, 94, 153–175.
- Chetri P., B. (2004). Structure and Composition of Mixed Conifer Forests in Western Bhutan Tesis de Maestría University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna pp 73.
- Charles H.; Godfray J.; y Lawton John H (2001). Scale and species numbers. *Trends in Ecology & Evolution* Vol.16 No.7 July 2001 pp 404-404.
- Chacón, J.M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizónica* *Ciencia forestal* 42.
- Del Pino, J.O.; Zamora, R. y Oliet, J.A. (2004). Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba Es. ma2depij@uco.es.
- Del Río M., Montes F., Cañellas I., y Montero F. (2003). Revisión de índices estricuales en masas forestales. *Invs. Agrar.: Sist. Recur. Fores.* pp 12 (1),159-176.
- Echarri, L. (1998). *Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente*. Ed. Tei de España .pp 345. <http://www.buscagro.com/cgi-bin/jump2.cgi?ID=18324>.
- Eckelman, C.M. 1992. Regeneration y dinámica de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre occidental en el noreste de México. III Seminario Nal. sobre utilización de encinos Fac. De Ciencias Forestales P.199-210.
- Estrada, M.C. 1997. Evaluación de la Regeneración Natural en Bosques de pino de la UCODEFO No.4 de Durango, México. Tesis Profesional de Maestría en Ciencias Forestales. F.C.F. UANL. Linares, N.L.
- FAO (2001c). *Global Forest Resources Assessment 2000 - main report*. FAO Forestry Paper No. 140. Rome.

- Gallegos R., A., Abundio R., E., Morarles R., M., E., y Hernández A., E., (1999). Valor de importancia de especies arbóreas en un bosque tropical de la costa de Jalisco. IV congreso Mexicano de Recursos Forestales, UAG.
- González E. S. García A.A.(1998). Pináceas de Durango, Instituto de Ecología, a. C. Xalapa Ver. México. Pp 179.
- García Arévalo A. (1993). Morphological variations in *pinus praetermissa*(Pinacea). From Durango, México. *Phitologia* 75 (3):243-246.
- González Elizondo S. (1983). La vegetación de Durango. Cuadernos de Investigación tecnológica (CIIDIR-IPN), Unidad Durango. (1): 1-114.
- Graciano L., J., S., Méndez G., J., Nájera L., J., A., Maldonado A., D., conde V., A., y Navar ch., J., J. (2005). Impacto de los tratamientos Silvícolas sobre la diversidad-abundancia de los bosques de el Salto Durango, Mex. VII Congreso Mexicano de Recursos Naturales, UACH.
- Halffter, G. (1998). A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International*, 36: 3-17.
- Hernández *et al* (1999). Regeneración de *Pinus cooperi* var. *Blancoi* a partir de la aplicación de árboles padres en la región de pueblo nuevo, Dgo. IV Congreso Nacional Forestal.
- Jimenez J., Aguirre O., y Krmaer H.(2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-necino en le norte de México. *INIA: Recur. For.* Vol. 10 (2), España. 355-366 pp.
- Jobbágy E G. y Jackson B. R., (2000). Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemispheres. *Global Ecology & Biogeography* 9, 253–268
- Halffter, G. y Ezcurra, E., (1991). ¿Qué es la Biodiversidad?. En: *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*, pp.3-24. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.). Volúmen especial de 1992. G. Halffter compilador. CYTED-D, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología

para el Desarrollo. Mexico D. F. pp389.

Kikkawa, J. y Williams, E. E., (1971). Altitudinal distributio of land birds in New Guinea. Search, 2: 64-69.

Krebs, C. J., (1985). Ecology: The experimental analysis of Distribution and Abundance. Blackwell, Oxford.

Koleff*† P., Gastón K., J., y Lenon J.,J., (2003). Measuring beta diversity for presence–absence data. Journal of Animal Ecology. **72**, 367–382.

Körner, Ch. (1998) Are assessment of high elevation forest line position and their explanation. Oecologia, 115, 445–459.

Lamprecht H., (1990). Silvicultura en los trópicos. Ed. GTZ pp 450.

Lobo, J. M., (1993). La Base de la Ecología. Edit. Penthalon. Madrid, pp155.

Lobo, J. M. y Martín P., F., (1993). Las causas de la Biodiversidad. Arbor, 145: 91-113.

Luévano E., R., (2002). Inventario de Cactáceas del Municipio de Mapimí, Dgo. Tesis de Maestría, FAZ-UJED, pp 75.

Lexer M., J., W. Lexer W., Hasenauer H. (2000). The use of forest models for biodiversity assessments at the stand level. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n.º 1. pp 297-316.

Ludwig, J. A., y Reynolds, J. F., (1988). Statistical Ecology. A primer on methods and computing. John Wiley y Sons. New York. pp 337.

MacArthur, R. H., y Wilson, E. O., (1963). An equilibrium theory of insular zoogeography. Evolution, 17: 373-387.

MacArthur, R. H., y Wilson, E. O., (1967). The Theory of Island Biogeography. The Princeton

Univeristy Press. Princeton.

Magurran, A. E., (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey. pp179.

Martín P., F. y Lobo J. M., (1992). La conservación de la biodiversidad: ciencia y ficción. *Eos*, 68 (1): 91-92.

Martín P., F., (1997) “Los Artrópodos y el Hombre“ *Biodiversidad y Conservación de Insectos: Dilemas, Ficciones y ¿Soluciones?* pp. 25-55, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza (España).

Malyshev, L. (1993) Levels of the upper forest boundary in Northern Asia. *Vegetation*, 109: 175– 186.

McNeely, J. A., Miller, K. R., Reid, W. V., Mittermeier, R. A. y Werner, T. B., (1990). *Conserving the world’s biological diveristy*. IUCN, WRI, CI, WWF and World Bank, Washington, DC.

Morales M.E., Aguirre O.C., Jiménez P.J., Jurado Y., E., (2005). Caracterización de ecosistemas forestales den durango-Mex. VII Congreso Mexicano de Recursos Foresatles, UACH.

Martínez, M. (1948), *Los Pinos mexicanos*, Ediciones Botas, 3ª ed. México, D.F.

Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

Myers, A. A. y Giller, P. S., (1988). *Analytical Biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distribution*. Chapam & Hall. London. 578 pp.

Nagel, J. 1994: *Structural Analyses of the Forest Reserve Saubrink on tje Basis of a Permanent Sample Plot Data*. Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01-03 and S4.01-04. Lousa y Coimbra, Portugal, 81-96 pp.

- Noss, R.,F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4): 355-364.
- Noss, R., F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators.
- Oshawa, M. (1990) An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in South and East Asian mountains. *Journal of Ecology*, 78, 326–339.
- Paruelo, J.M., Lauenroth, W.K., Burke, I.C. and Sala O.E. (1988). Grassland precipitation use efficiency across a resource gradient. *Ecosystems* 2:64-68.
- Paruelo, J.M., Garbulsky, M.F. Guerschman, J.P.y Oestreheld M. (1999). Caracterización regional de los recursos forrajeros de las zonas templadas de Argentina mediante imágenes satelitarias. *Revista Argentina de Producción Animal*. 19:125-131.
- Paruelo, O., M, Loreti J. M., Piñeiro G., (1999). Variación temporal de los recursos forrajeros de la zona Sudoeste de AACREA. <http://www.agro.uba.ar/users/lart/crea2/archivos/ppna.htm>
- Pielou, E. C., (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley, New York.
- Pielou, E. C., (1977). *Mathematical Ecology*. John Wiley, New York.
- Pielou E. C. The Many meanings of Diversity. En Pineda. E.D. et al., (Eds) *Diversidad Biológica/ Biological diversity*. Fundación Ares/WWF/ SCOPE Madrid: 113-116
- Toledo V., M., y Ordoñez M., J., (1993). Biodiversity Scenario of Mexico: A review of terrestrial habitats. Ramamourthy Ed. 757-777.
- Pretzsch, H. 1996: Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1996, Nehresheim, 134-154.

- Rayero H.,V., Velásquez M., A., Vargas H., y Ramón J.A.,R. (1999). Efecto de la vegetación competidora en regeneración natural y plantaciones de *Pinus patula*. IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales, UJED.
- Ritter O.,W., R. M.,E., de Garay y S. Guzmán, A. (1986).“Balance de radiación y potenciales de productividad primaria en algunos ecosistemas terrestres de la República Mexicana”, *Geof., Int.*, vol 25, núm 2, pp 285-314.
- Ritter O., W., A. Noguez e I., Rosas (1988). “Evaluación del potencial de la estabilidad de la producción agrícola con base en índices climáticos para algunas localidades de la República Mexicana”. *Geof. Int.*, vol. 7, núm. 2., pp. 263-278.
- Ritter O.,W., R. S. Guzmán, A. y S., Zmpoaltecatl (1996). Un modelo integral clima-reducción (aplicaciones en la optimización de ecosistemas naturales y agrícolas del estado de Tlaxcala), Tesis de Doctorado en Biología Facultad de ciencias, UNAM, México, 159 p.
- Ritter O.,W., R. S. Guzmán, A., B., Estrada (1999). Un Método gráfico para la regionalización agroecológica del recursos naturales. *Investigaciones Geográficas 38, Boletín del Int. De Geografía, UNAM.*
- Rosenzweig , _M.L. (1968).”Net Primary Productivity of Terrestrial Communities: Prediction From Cliamtological Date”, *Am Nat.*, 102(/1923), pp67-74.
- Rzedowski J., (1978). *Vegetación de México*. Ed. Limusa
- Sala E. O., Jackson B.,R., Howarth W.R.(2000). *Methods in Ecosystem Science*, Springer-Verlag NY pp 421.
- Scuderi, L.A. (1987) Late-Holocene upper timberline variation in the Southern Sierra Nevada, California, USA. *Nature*, 325, 242–244.
- Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. (1996). Biological Conservations in a High Beta-diversity Country. En: Di Castri, F. y T. Younès (eds.). *Biodiversity Science and*

Development: Towards a New Partnership. CAB International.

Shanon C.E., (1949) The mathematical theory of communication. Shanon C.E. Weaver. W., Eds. University de Illinois Press. Urbana pp 29-125.

Simpson E., H. (1949). Measurement of diversity. Nature 163: 688.

Segura, G. y Snoock, L. C. 1992. Stand dynamics and regeneration patterns of a pinyon pine forest in east central Mexico. Forest Ecology Management. 47:175-194.

Solbrig, O. T. (1991 a). From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. Cambridge, Massachussetts,: International Union of Biological Sciences.

Solbrig, O. T., (1991 b). Biodiversity. A review of the scientific issues and a proposal for a collaborative program of research. MAB Digest 9, UNESCO.

Stakhiv, E., (1993) “ Water resources planning and management Under climate uncertainty”, in Ballentine, T. and E. Stakhiv (Eds), Proceeding of conference on climate change and Water Resource Management, US Army Institute for Water Resources, Fort Belvoir Va, USA. IV/20-IV/36.

Styles, B.T. (1993). Genus Pinus: a mexican purview. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico. Origins and distribution. Oxford University Press. Oxford

Toledo, M.V. (1994). La diversidad biológica de México. Ciencias (UNAM), 34:43-59.

Toledo V.M., (1993). La riqueza Florística de México: un análisis para conservacionistas. En Guevara Moreno (Eds.) La botánica Mexicana hacia el fin del milenio.

Terborgh, J., (1977). Bird species diversity on Andean elevational gradient. Ecology, 58: 1007-1019.

Torres V., D., y Guerra de la C.,V., (2005). Evaluación de la regeneración natural de tres poblaciones de *Pseudotsuga* en el Edo., de Tlaxcala, Mex. VII Congreso Mexicano de

Recursos Forestales, UACH.

Whittaker, R. H., (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs, 30: 279-338.

Whittaker, R. H., 1970. Communities and Ecosystems. Macmillan, New York.

Whittaker, R. H., 1975. Communities and Ecosystems, 2ª edición, Macmillan, New York.

Whittaker, R. H. y Niering, W. A., (1975). Vegetation of Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production and diversity along the elevational gradient. Ecology, 56: 771-790.

Wilson, E. O., (1988). The current state of biological diversity. En: Biodiversity, E. O. Wilson editor, pp. 3-18. National Academy Press, Washington, D. C. 521 pp.

CAPITULO III

Parasitismo del Bosque

La Familia Loranthacea

Resumen

Los cambios en la vegetación se orientan en la sucesión, ocurren a una escala espacial, a partir de la abundancia y la distribución de las especies que cambian con el tiempo, se sustenta que los disturbios aumentan la riqueza de especies Pikett y White (1984) y consideran que una granizada o la aplicación de fertilizantes genera un disturbio. Factores físicos y climáticos limitan la producción de biomasa en las plantas, tales como: el exceso de humedad, bajas temperaturas y sequías prolongadas, la habilidad de competir de una especie le permite mantenerse en el ecosistema; en espacios desocupados o abiertos, condición que requieren las especies oportunistas para establecerse solas o con otras especies, los muérdagos presentan estas habilidades. El presente trabajo se busca determinar si las Loranthaceas son causa de disturbio en el bosque, para ello se realiza el estudio en el predio las Bayas, Mpio de Durango, Dgo. Mex. Se han analizado 48 sitios al azar georeferenciados, determinando la presencia y el grado de parasitismo del muérdago. Se han medido las siguientes variables, latitud, longitud, elevación, exposición humedad relativa, luz incidente, temperatura y planta hospedera. Así las especies que están siendo parasitadas son: *Quercus spp.* 20.0 %, *Cupressus spp.* 10.0 %, *Arctostaphylus spp.* Las especies de muérdago presentes son: *Phoradendron ricienbacianum* (Semm), *Arcethobium durangense*(Hawk&Wiens, *Cladocolea grahami* (Benth).El análisis estadístico muestra que tienen una distribución de tipo gregaria este grupo, lo cual es debido a su forma de reproducción, las variables ambientales analizadas mediante regresión no lineal, así *Pinus* y *Cupressus*, forman masas entre mezcladas, mientras que *Arctostaphylus*, por lo regular se encuentra en lugares con elevada luz incidente, aspecto que indica patrones de evolución con relación a la disminución de sus hospederos naturales, y que además se desarrolla mejor en plantas cuya distribución es más al azar como ocurre con *Quercus* y *Arbutus*. Se concluye que Lorantaceas, además de ser un grupo que produce disturbio considerables

por le grado de parasitismo que genera, es un excelente bioindicador de la disminución de la masa forestal, ya que prefiere los lugares donde las plantas tengan una distribución al azar o uniforme, y su patrón de dispersión al ser gregario, produce condiciones de daño fuertes en el hospedero, provocando una fuerte disminución de hojas disminuyendo la fotosíntesis del hospedero, favoreciendo la mayor cantidad de luz que entra al sistema, produciendo la muerte del propio parásito.

Introducción

El estudio de los cambios en la vegetación, se orientan a la sucesión, definida ésta como los cambios en la composición de las especies en un sitio a través del tiempo. Los cambios pueden ocurrir en una escala espacial, desde una perspectiva jerárquica, el modelo enfatiza en la idea de la abundancia y de la distribución de las especies que cambian con el tiempo, en áreas muy pequeñas, registrándose esos cambios de un año a otro, debido a la presencia de los disturbios, Pikett y White (1984), consideran que una granizada o la aplicación de fertilizantes es un disturbio que altera la comunidad y puede considerarse como un elemento fundamental para el proceso natural de cambio de ese sistema. Para Grime (1979), los factores externos que limitan la producción de biomasa en las plantas en cualquier hábitat pueden estar clasificados en dos categorías: el primero descrito como estrés, por luz, agua, o nutrientes minerales y temperaturas no óptimas y el segundo referido a sitios con disturbios, que es asociado con la destrucción total o parcial del bioma, provocado por la actividad de herbívoros, patógenos y el hombre, así como erosión, evaporación y fuego.

La variación en la competitividad de una especie depende de su habilidad, para desarrollar rápido la superficie foliar, raíz, y la absorción de nutrientes, soportar el estrés y los daños (Grime, 1979). Las plantas que dentro de su mecanismo de resistencia a la sequía, las lleva a una baja productividad, y tasa de desarrollo rápido, permite a las plantas oportunistas ocupar espacios disponibles, así como a otro grupo de plantas como son las Parásitas, donde sobresalen las Loranthaceas, las cuales han podido aprovechar los cambios en los factores ambientales y establecerse en los diferentes ecosistemas. Egler, (1954) en (Nobel y Stlayer, 1978), concluyó que en muchas situaciones la

competencia de la vegetación en las perturbación es determinante, y puede asociarse principalmente con la entrada de especies a la comunidad a lo largo de ésta y después de la perturbación original. Connell y Slayner (1977), sugieren que, la mayoría de las sucesiones contempla a uno de los tres tipos de colonización. El primero, la facilidad, que es esencialmente donde el sitio esta libre o con muy poca diversidad florística, de tal forma que la presencia de ocupantes pioneros facilita la entrada. El segundo, es tolerancia, suponiendo que las especies más tempranas pueden convivir con ellas, y esto les permite establecerse y pueden crecer hasta la madurez en la presencia de otras especies, porque ellos pueden usar los niveles más bajos de los recursos. El tercer proceso es de la inhibición, donde las últimas especies en llegar no pueden crecer a la madurez. A menos que ellas están presentes en el sitio, su intento de colonizar un nuevo espacio puede ser inhibido por los ocupantes pioneros.

Considerando los procesos de sucesión y las características de un disturbio ya sea de origen natural o provocado por la actividad humana, permite las condiciones para que la familia Loranthaceae tan ampliamente representada a nivel mundial, tome un papel importante como origen de disturbio e indicador de él, de ahí la hipótesis que se establece de que estas plantas generan un disturbio a medida que tienen mayor grado de infestación y de dispersión, Lezama y Marmolejo (1999), establecen que los bosques de pinos atacados por Loranthaceas, tienen grandes pérdidas, económicas, y tipifican el grado de daño, considerando una escala de 0 a 5, pero también son los primeros en sugerir un método para eliminar o disminuir el problema, y consideran que realizando clareos en el bosque, se puede quitar a estos parásitos del bosque.

Los estudios realizados en muérdagos, están orientados al aspecto taxonómico: (Madrigal 1970; Rzedowski, 1979; León,1983; Bello 1984; Rodríguez y Cházaro ,1987; Ornelas, 1987; González et al., 1989; Martínez 1987; Cházaro y Olivas 1991; Hernández 1991; Cházaro, 1992.)

Objetivo general

Determinar si las Lorathaceas son un indicador de disturbio en el bosque.

Objetivos particulares

- Determinar la diversidad de Loranthaceas.
- Identificar las especies hospederas y el porcentaje de parasitismo.
- Determinar la distribución espacial y la relación con factores físicos y ambientales

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de análisis en campo

Para determinar la incidencia del muérdago dentro del bosque, se realizó un análisis de 48 puntos o sitios lo que se seleccionaron al azar, se uso la carta de vegetación y suelo (F13b31) INEGI (1984) para ubicar cada sitio en el campo se utilizó el GPS, en cada localidad se analizó una unidad de 5x5m, para proceder a buscar entre los árboles, dentro de la unidad, la presencia del muérdago, se identificó el hospedero, a nivel de género, por considerar que es mejor para el objetivo planteado y no tanto por especie hospedera, en cambio para el parásito se identificó las especies, llevando muestras para su identificación en el laboratorio. Se cuantificaron los parásitos presentes para cada género hospedero, en cada sitio donde se localizó el muérdago, se midieron las variables ambientales y físicas, (Elevación, Exposición, Humedad Relativa, Temperatura y Luz Incidente), por medio de: (GPS, Fotómetro, Psicrómetro, Brújula y Termómetro). Cada sitio de muestreo se consideró como cuadrante para analizar la variación por el método propuesto por Hill (1973a), el cual utiliza la abundancia de cada especie dentro de cada cuadrante, comparando pares de estos para analizar y determinar su distribución espacial. Las relaciones que existen entre las especies, pueden ser lineales o no lineales (Noy-Meir y Wittaker 1977), para determinar estas relaciones, se analizaron los datos, por medio de Closter y Detrenden Principal Component (DPC), y determinar el porcentaje de contribución de los factores físicos y ambientales, del

parasitismo en el bosque, éste método fue propuesto por Philips (1978).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la (Tabla 3.1), se presenta la lista de especies hospedera y parásitas, y se puede apreciar que el género más afectado es el de *Quercus* spp, y el parásito más distribuido entre las especies es *Phoradendron* y *Cladocolea*. Sobresale la presencia de un arbusto como es *Arctostahylos pungens*, que está siendo invadida por éstos parásitos, en el sentido de que esta especie por lo regular crece en lugares altamente con disturbio, por lo que la presencia del muérdago en este grupo, tiene implicaciones ecológicas sumamente importantes, ya que esto puede ser un indicador, de los cambios ambientales tan importantes que se están dando en el bosque templado por actividades humanas, por otro lado refleja la gran capacidad de este grupo para evitar su extinción.

Tabla 3.1. Diversidad de Loranthaceas y hospederos y grado de parasitismo.

Hospederos	Parásitos	Porcentaje Parasitado	Especie
<i>Quercus</i> spp.	<i>Phoradendron ricienbaccianum</i> (Semm) y <i>Cladocolea grahami</i> (Benth)	37.5 %	<i>Quercus</i> spp.
<i>Arbutus</i> spp.	<i>Phoradendron ricienbaccianum</i> (Semm) y <i>Cladocolea grahami</i> (Benth)	25.0 %	<i>Arbutus</i> spp.
<i>Pinus</i> spp.	<i>Arcethobium durangense</i> (Hawk&Wiens) y <i>Cladocolea grahami</i> (Benth)	20.0 %	<i>Pinus</i> spp.
<i>Cupressus</i> spp.	<i>Cladocolea grahami</i> (Benth)	10.0 %	<i>Cupressus</i> spp.
<i>Arctostahylos</i> spp.	<i>Phoradendron ricienbaccianum</i> (Semm) <i>Arcethobium durangense</i> (Hawk&Wiens)	7.5 %	<i>Arctostahylos</i> spp

Distribución espacial

De acuerdo con los criterios establecidos de estos métodos y según (Reynold y Ludwig 1988), las Loranthaceas presentan una distribución espacial de tipo gregaria (Figura 1).

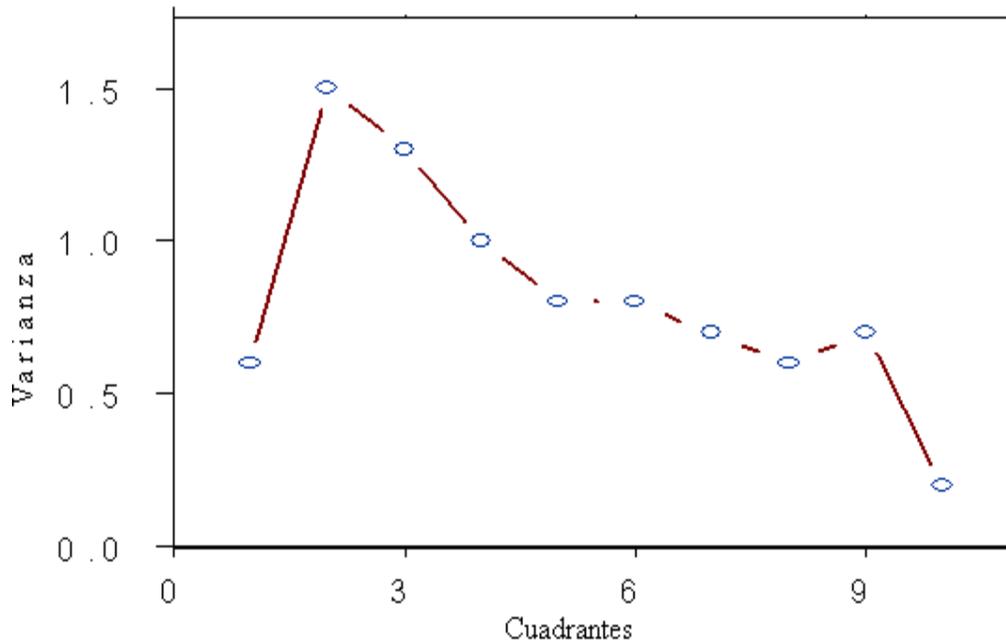


Figura 3.1. Distribución espacial de las especies de muérdago, de acuerdo está figura según Reynold (1988), es gregaria.

En la (Figura 3.1) se puede apreciar que la distribución que presentan las especies es gregaria o amontonada. En la (Tabla 2), se obtiene el valor de X^2 y es mayor que el de tablas con una ($p < 0.025$), de 32.35 y la calculada de 75.20 y la hipótesis es que si el valor X^2 calculado es mayor que el de tablas tiene una distribución gregaria, aspecto que se cumple, además que la varianza es mayor que la media, otra prueba que evalúa el tipo de distribución, por medio del índice “d” si es (>1.96) la dispersión es gregaria Elliot (1973) y la “d” calculada es de 2.62. En el análisis por el método de Green’s, que establece que si el valor es mayor de “1” es aplicado a una distribución de tipo gregaria Green’s (1966) el resultado calculado es de 1.5384, concluyendo con estas pruebas que la familia Lorathaceae, tiene una distribución gregaria

Tabla 3.2. Análisis con las series de Poisson, para determinar el tipo de distribución espacial mediante los métodos de: Varianza/media, X^2 , Índice d e Índice de Green's, de las tres especies de Loranthaceas

Media	Varianza	Varianza /media	X^2	d	Green index
0.83333	1.33333	1.600000	75.2000	2.62011	1.538461

Con relación a la (Tabla 3.3), de manera individual, las especies de muérdagos, presentan patrones diferentes, de su distribución espacial ello determina en cierta forma su eficiencia en la competencia ínter específica, por el nutrimento o por el hospedero, por lo que su grado de crecimiento dentro del árbol y fuera de él es decisivo para sobrevivir. El hecho de que estén juntas en el mismo hospedero, pudiera ser que se den proceso de sucesión en este grupo, o mutualismo, son eventos que será necesario evaluarlos en este sentido y saber quien llega primero y porque, así como la respuesta del hospedero ante la presencia de uno o de ambos, así como el grado de infestación, y estas y otras preguntas quedan para tratar de responder en futuros estudios.

Tabla 3.3. Distribución espacial de las especies de Loranthaceas en el bosque de pino-encino de las bayas.

Especies	Varianza	Media	X^2	Grados de libertad	Probabilidad	Distribución espacial
<i>Phoradendron vieceinbaccianum</i> (Semm)	0.9974	1.45	13.069	19	0.835512	Azar
<i>Caladocolea Grahani</i> (Benth)	0.9974	0.55	34.454	5	0.0162857	Gregaria
<i>Arcethonium durangense</i> (Hawk y Wieans)	0.3579	0.4	17	19	0.5903306	Azar

En la (Tabla 3.4), se presentan los valores en porciento de contribución de las variables que se analizaron entorno a las especies hospederas y el parásito, de éstas se desprende que la elevación juega una papel importante en la distribución del hospedero, en segundo termino la temperatura, el cual tiene relación directa con el primero, de tal forma que a mayor altitud, menor temperatura, por tanto más restricciones para la dispersión de las Loranthaceas, la humedad relativa, en la misma circunstancia contribuye con valor importante, para el establecimiento de éstos parásitos, la luz incidente, jugaba un papel importante, dado que estas especies, por su condición de parásito, toman nutrientes del hospedero, pero sus hojas realizan actividad fotosintética, quizá en menor escala que el hospedero, en cambio la exposición, muestra claramente, que no dependen de una orientación para sobrevivir.

Tabla 3.4. Contribución de los factores físicos y ambientales en la distribución espacial de las especies de Loranthaceas.

Elevación	Temperatura	Humedad Relativa	Luz Incidente	Exposición
%	%	%	%	%
38.7	33.4	20.9	16.4	0.0

La razón por la que hace suponer que esta familia se encuentra en forma gregaria, es que el hospedero presenta éste patrón, a condiciones de humedad y temperatura, asegurar su descendencia ya que al parecer los aclareos disminuyen su presencia, como lo menciona Lezama (1999).

Con respecto a lo mencionado por Cházaro y Olivas (1991) según ellos el clareo se pude minimizar el efecto de estos parásitos, habrá que considerarlo, hasta que punto eso es adecuado y cierto, ya que si bien la especie al parecer responde a este parámetro, no es una relación lineal y por ende toma otras estrategias, con otros hospederos y los factores limitantes no afectan en gran medida (Tabla 4) la luz no es una restricción

estricta. Sin embargo tiene requerimientos de luz para actividades fotosintéticas, por lo que no es un parásito estricto de ahí, que no se le haya localizado en todos los sitios, y particularmente en las áreas cerradas por las copas de los árboles, lo que hace suponer que las especies de este grupo, están en un continuo proceso evolutivo, ante los cambios que se están presentando en el bosque, debido a que los programas de aprovechamiento, realizan actividades continuas de podas selectivas y clareos para evitar la competencia, ahora el muérdago está creciendo mejor en esas áreas, de acuerdo a nuestros resultados.

CONCLUSIONES

La familia Loranthaceae, si juega un papel importante en el disturbio dentro del bosque de coníferas, y puede ser un buen indicador de cambios ambientales o de la extinción del bosque en ciertas áreas, de tal forma que si las especies de muérdagos cambian su patrón de distribución espacial, como está ocurriendo (Tabla 3.3), o su presencia en especies que son de reciente colonización en el bosque templado, por lo que este grupo independiente del parasitismo, el cual se ha incrementado y los diversos grupos de investigación en el país y organismos público, han establecido como prioritario combatir a este grupo de plantas, sin hacer estudios como el presente que permitan identificar la posibles causas de su expansión e incremento de daño.

Literatura citada

- Bello G., M., A., (1984). "Estudio de muérdago (Loranthaceae) en la región tarasca, Michoacán", Boletín Técnico núm. 102, Inif, México D.F., 62 pp.
- Connell. J. H., Slayer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.* 111:119-44.
- Cházaro, B., M., (1992). Los muérdagos (Loranthaceae), de Jalisco parásitas poco conocidas, *Ciencia y Desarrollo México D.F.*, pp. 70-85.
- Cházaro, B., M., y Oliva R., H., (1991). "Loranthaceae del Centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla", *Cact. y Suc. Mex.*, 32:55-60.
- Phillips D., L., (1978). Polynomial ordination: field and computer simulation testing of a new method. *Vegetatio* 37:129-140.

- Green, R., H., (1966). Measurement of non-randomness in spatial distributions researches population ecology 8:1-7
- Grime, J., P., (1979). Plant Strategies and Vegetation Process. Chicchester, England:Wiley. 222 pp.
- González V., L., M., Y Pérez de la Rosa J., A., (1989). “Guía de la excursiones Botánicas al Nevado de Colima”, en guía de excursiones botánicas en México, VIII, Soc. Bot. Mex., pp., 101-139.
- Hernández C., L., V., (1991). “Los muérdagos (Loranthaceae) de la región central del estado de Tlaxcala”, Jardín Botánico de Tizatlán, núm. 4 Tlaxcala, 8 pp.
- Hill M.O.(1973 a). The intensity of spatial pattern in plant communities. Journal of ecology 54:427-432.
- INEGI, (1984). Carta de vegetación y uso del suelo F13b31, la Guacamayita: escala 1:50000
- INEGI, (1984). Carta topográfica F13b31, la Guacamayita: escala 1:50000
- León R., J., M., (1983). Evaluación de los daños causados por muérdago enano (*Arceothobium* spp) al bosque de pinus *Hartwegii* Lind. en el Parque Nacional Nevado de Colima, Jalisco, Tesis Profesional, Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara, Jal. 168 pp
- Lezama P., R., Marmolejo C., J., (1999). Estudio del Muerdago en la Zona Central de Honduras. *Tatascan* Vol. 11:1: 250- 260
- Ludwig A., J. y Reynolds F., J., (1988). *Statistical Ecology. A primer on methods and computing.* John W. & Sons. pp. 337.
- Madrigal S., X., (1970). Caracterización fito-ecológica preliminar de los volcanes de Fuego y Nevado de Colima (México)”, *Boletín divulgativo* núm.31 Inifap. México, D.F. pp.35.
- Martínez M., (1979). “Loranthaceas”, en Martínez y E. Matuda, *Flora del estado de México.* Gobierno del estado de México, Toluca. pp. 287-292
- Noy-Meir, I., y Whittaker R., H., (1977). continuos multivariate methods in community analysis: some problems and developments. *Vegetation* 33:79-98.
- Novell R., I., y Stlayer R., I., (1978). The efectt of Disturbance on Plant sucesion. *Ecol. Soc. Australian* 10:135-145.
- Ornelas, U., R., (1987). “Guía de la excursión botánica a San Cristóbal de la

Barranca”.Una guía de excursiones botánicas en México VIII, Soc. Bot. Mex., pp., 19-48

Pickett. S., T., A., White, P.S., (1984). Natural Disturbance: The Patch Dynamics Perspective. New York: Academic. In Press. 250 pp.

Rodríguez C., A., y Cházaro B., M., (1987), “Guía de la excursiones Botánicas e México VIII, Soc. Bot. Mex., pp.,19-48.

Rzedowski J., (1979). Flora Fanaerogámica del Valle de México, CECSA, México DF., pp 280

CAPITULO IV

VARIACIÓN CLIMÁTICA Y TIPO DE CLIMA

Resumen

A partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica de la Bayas, en (Tabla 4.4 y Figura 4.4), se observa que la temperatura media anual es 11.5 °C y precipitación de 966 mm anuales en un periodo de 38 años. (Hense *et al.*, 1988; Gaffen *et al.*, 1992), consideran que globalmente debe haber un incremento en precipitación para reforzar el balance de evapotranspiración, que altera la precipitación localmente y no es muy claro como sucede. Los datos de humedad del suelo para grandes regiones de Eurasia (Robock *et al.*, 2000) muestran un gran tendencia ascendente. Zhang *et al.* (2000) informa de un aumento en las nevadas canadienses al norte de 55°N, Akinremi *et al.*, Las evidencias paleoclimáticas con proxy (anillos de árboles, sedimentos de lagos y polen) están siendo usados para estimar la variabilidad en sequía y precipitación en los siglos pasados, para muchas regiones del hemisferio norte (Cook *et al.*, 1996; Woodhouse and Overpeck, 1998). Dai *et al.* En le Hemisferio Sur, se incrementa la precipitación en Argentina observado desde 1900 a 1998 (Dai *et al.*, La precipitación del Ártico es más del 50% más alto que los valores medios (Cook *et al.*, 2005; Biondi *et al.*, 2005).

Considerando lo anterior y de los resultados obtenidos, se puede observar que, las lluvias se presentan en los meses de verano y en la (Figura 4.5 a, b), la gran variabilidad observada, en los diferentes años, muestra periodos muy húmedos, sin embargo, como se pude observar en la (Figura 4.6), aún el último siglo es menor la precipitación que en el periodo del final de la pequeña edad de hielo, donde es significativo el volumen de precipitación, (1786-1885), en la (Figura 4.8) se aprecia que el periodo de 1900 a 1993, es un periodo de eventos extremos, grandes precipitaciones y sequías, la media muestra ciclos de entre 11 y 15 años, sin embargo cabe considerar que en España se reporta abundantes lluvias en los años 50s, y en esta figura se observa para Durango, sequía considerables y para la República Mexicana, también un marcada disminución de éste periodo. El año 1989 (Figuras 4.8 y 4.9), impactó en todos lados como se ve los volúmenes de precipitación muy bajos, evento que se puede ver en los registros de

argentina por (Paruelo *et al.*1999). En la (Figura 4.10), se analiza el la distribución para los meses del año de la precipitación y su relación con la temperatura, mediante una gráfica denominada Termohieta, en la cual se puede ver que la mayor frecuencia de precipitaciones está en 8 meses y que son los de menor precipitación.

Introducción

¿Qué es lo que produce cambios en el clima?

En el sentido común, clima es un concepto empleado para dividir al mundo en regiones que comparten parámetros climáticos similares. Los climas más destacados son: clima tropical, subtropical, mediterráneo, templado, oceánico, continental, alpino, subártico, árido. Si continua el incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, provocarán un aumento en la temperatura del planeta de entre 1 y 4 grados Celsius (°C) más que el actual, con consecuencias hasta ahora desconocidas (IPCC 2001, 2003) Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático de la ONU, que tendrán efectos sobre todas las formas de vida en la faz de la Tierra, al modificar los tipos de climas, que se han formado en el transcurso de la evolución del planeta y de acuerdo al sistema climático que plantea Ruíz de Elvira(2005) todos los elementos están conectados (Figura 4.1) y cualquier factor que los modifique afecta el sistema en su totalidad.

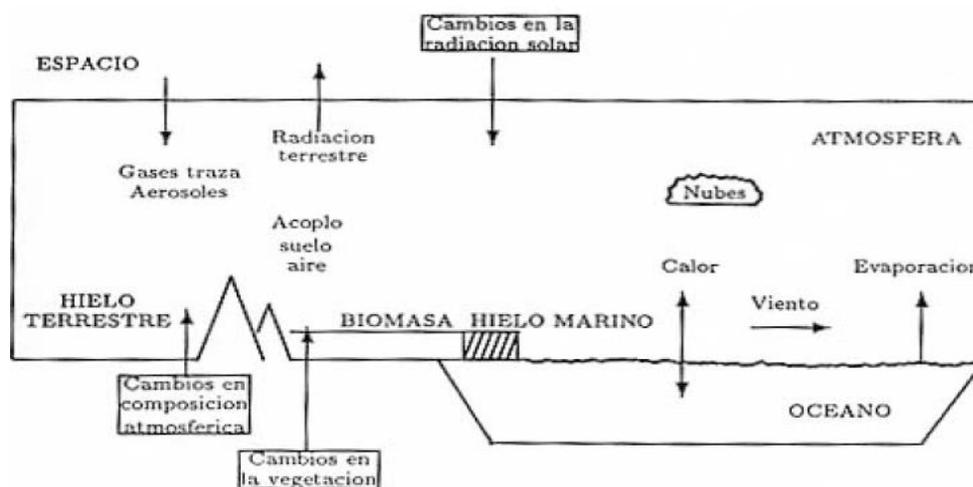


Figura 4.1. El sistema climático, Fuente: Antonio Ruíz de Elvira (2005).

La presencia de algunos gases en la atmósfera como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano permiten que la temperatura promedio de la Tierra sea de 15 °C, que en ausencia de los gases de efecto invernadero naturales, la temperatura promedio del planeta sería de -18 °C, en lugar de los 15 °C actuales, Pérez (2004). Las especies de animales y vegetales, ante cualquier evento climático de la escala que sea, pueden presentar cambios, así Gordo y Sanz (2005) estudian a 8 especies europeas y encuentran modificaciones fenológicas, reflejándose en floraciones continuas, esos cambios de temperatura tienen efectos importantes en la regulación de la precipitación en todo el mundo, generando variabilidad en este factor (Figuras 4.2 y 4.3) .

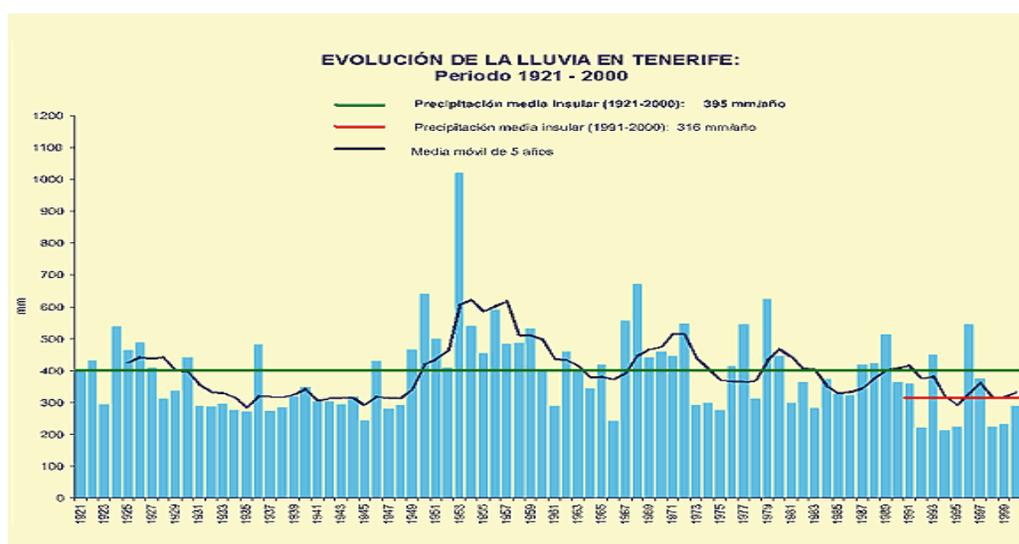
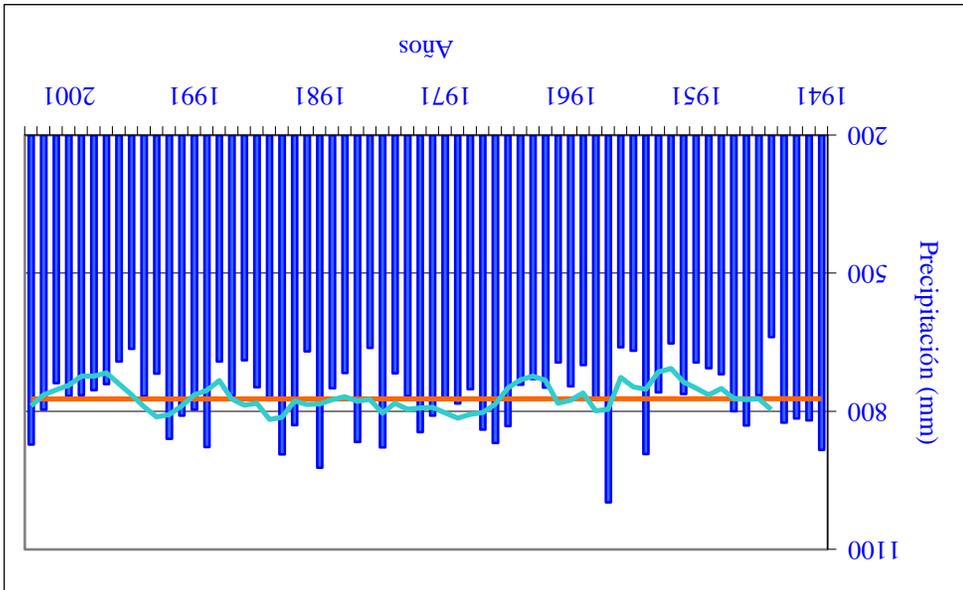


Figura 4.2. Evolución de la lluvia en la Isla Tenerife, de las Canarias Es.

- Conocer la variabilidad anual de los factores climáticos
- Determinar si la precipitación y temperatura están disminuyendo o aumentando localmente
- Determinar el tipo de clima y si ha cambiado en los últimos 38 años.
- Evaluar si eventos globales se registran localmente.

Objetivos de este capítulo

Figura 4.3. Precipitación de la República Mexicana para el periodo de 1941 al 2004, esto constituye una gran variabilidad, la línea (roja) presenta la tendencia y la (azul verde) le media suavizada, por lo que se ha mantenido con ligeros incrementos en estos 63 años, a nivel nacional datos del SMN, México.



Metodología

Para conocer la **Variación Climática** de la zona de estudio, se analizan los datos de la estación las bayas, del periodo 1963-2000, proporcionados por (CNA) Comisión Nacional del Agua de la estación las Bayas, y con datos fitoclimáticos que se obtuvieron de anillos de crecimiento de árboles, del periodo 1340 a 1993, los datos climáticos locales, se contrastarán con algunos de los registros nacionales y mundiales. El tipo de clima, se determina con las clasificaciones de: (Thornthwaite y Mather 1967; Datín Revenga en Soánez, 2004) y Köeppen 1941 en García (1978), se analiza con los tres métodos para determinar si la tipificación es la misma para cada procedimiento, los datos se analizan con el programas: (PROCLI Ver 1.0, 2004) este programa ha sido desarrollado por la Universidad de Huelva España.

Tabla 4.1. Tipos climáticos según el Índice de Thornthwaite. Fuente: Soaenz (2002).

	Tipo de clima	Símbolo	Índice de humedad (Im)	
Climas húmedos	Perhúmedo	A	100	
		B ₄	800-100	
		B ₂	60-80	
		B ₃	40-60	
		B ₁	20-40	
	Subhúmedo	C ₂	0-20	
Climas secos Im<0	Seco	C ₁	0.33.3	
	Subhúmedo	D	33.3-66.0	
		Semiárido	E	66.0-100
		Árido		

Tipos climáticos de Datín Ravenga

Clasificación climática de con el Índice Termopluviométrico de Dantín-Ravenga.

$$I_{DR} = \frac{100T}{P}$$

donde:

I_{DR} = índice termpluviométrico.

P= Precipitación media anual (mm).

Temperatura media anuañ (°C).

Tabla 4.2. Zonas climáticas a partir del Índice de Datín Ravenga I_{DR} .

IDR	Zona climática
0-2	Húmedo
2-3	Semiárida
3-6	Árida
>6	Subárida

Tabla 4.3. Tipo de clima para las Bayas, según la clasificación de Köeppen, modificada por García (1968), es de tipo: C (E) (W₂), describiéndose de la siguiente forma:

Símbolo	Tipo de clima	Características
C	Climas templados y húmedos	Temperatura media del mes más frío es menor a los 18 °C y superior a -3 °C y al menos un mes la temperatura media superior a 10 °C
E	Climas polares de nieve	La Temperatura media del mes es superior a 10 °C
E	Árido (desértico)	Sólo para climas de tipo B
Cw	Clima templado húmedo con estación invernal seca	El mes más húmedo del verano es diez veces superior al mes más seco del invierno

Resultados y discusión

Variabilidad Climática

A partir de los datos obtenidos de la estación metereológica de la Bayas, en (Tabla 4.4 y Figura 4.4), se observa que la temperatura media anual es 11.5 °C y precipitación de 966 mm anuales en un periodo de 38 años. La precipitación, en diversas regiones del planeta esta cambiando, por lo que se están tomando medidas para mitigar el problema del vital líquido, asumiendo que existe un disminución de éste, y principalmente la península Ibérica, que ha estado teniendo efectos de sequías muy significativos, así el Consejo Económico y Social de la Región de Murcia, España 2003 (CES), realiza un estudio y de muestra que en los últimos 15 años, se ha producido una dramática disminución de los recursos superficiales propios de la Cuenca, la reducción de las aportaciones supera el 36%. En ninguno de los últimos quince años se ha alcanzado la media de aportaciones históricas (periodo 40/41 -79/80), que oscilan entre 735,2 y 695,2 Hm³. La media de aportaciones entre 1980/81 y 1993/94, alcanza un valor de 441,6 Hm³, es decir, una media anual de 253,6 Hm³ menos de recursos superficiales propios. http://www.cesmurcia.es/estudios/rec_hidr/concl_rh.htm

El Consejo Insular de la Isla Tenerife (C. I. I. T.), hacen un estudio sobre el balance hídrico histórico y mencionan que por su latitud, le corresponde un clima seco y cálido con escasas precipitaciones (Figura 4.2). Además analiza el régimen de lluvias de los últimos ochenta años (1921 y 2000), destaca la escasez de lluvias padecida entre 1931 y 1948, a la que le siguió una década excepcionalmente húmeda y con abundantes precipitaciones como fueron los años de (1948-1960). Se aprecia la existencia de ciclos, con períodos de entre 8 y 10 años, en los últimos 50 años se observa que la lluvia está descendiendo, circunstancia que se acentúa en la última década con una media de 316 mm/año, lo que definen como una de las más secas del siglo pasado. <http://www.aguastenerife.org/4tfeyelagua/.html>. Ayala (2000), menciona que el Plan Hidrológico Nacional de 1993 planteó la posibilidad de que el Cambio Climático (CC), supusiera un grave problema para este recurso en España. Así como el CC supondrá con gran probabilidad un aumento de la precipitación en latitudes como las de la Europa

atlántica, no es éste el caso de los países con clima mediterráneo, zonas fronterizas entre los climas desérticos y los templado-húmedos.

Tabla 4.4. Datos generales de la estación las Bayas, periodo 1963-2000. Los meses de mayor precipitación son julio y septiembre.



Nombre de la Estación: LAS BAYAS

Nº de años de la serie de datos: 38

Precipitación anual: 966,0 mm.

Temperatura media anual: 11,5 °C

Meses	P	Tm	TmMáx	TmMín	TMáx	TMín
Enero:	37,5	7,5	22,3	-7,2	29,0	-13,0
Febrero:	19,7	8,1	23,2	-6,8	27,0	-15,0
Marzo:	10,5	9,6	25,0	-5,6	32,0	-13,0
Abril:	11,8	11,2	27,0	-2,9	32,0	-10,0
Mayo:	24,3	13,6	28,3	-0,1	38,0	-10,0
Junio:	111,1	15,3	28,5	3,0	33,0	-10,0
Julio:	228,6	14,6	26,5	4,2	36,0	-2,0
Agosto:	211,6	14,6	26,3	4,8	36,0	0,0
Septiembre:	156,6	13,8	25,3	3,3	36,0	0,0
Octubre:	64,9	11,6	24,5	-1,8	28,0	-10,0
Noviembre:	37,6	9,6	24,2	-5,2	29,0	-11,0
Diciembre:	51,8	8,5	22,2	-6,7	26,0	-11,0

TMín = temperaturas mínimas absolutas mensuales (°C)

TMáx = temperaturas máximas absolutas mensuales (°C)

TmMáx = media de las temperaturas máximas mensuales (°C)

Tm = Temperatura media mensual (°C)

TmMín = media de las temperaturas mínimas mensuales (°C)

P = Precipitación mensual (mm)

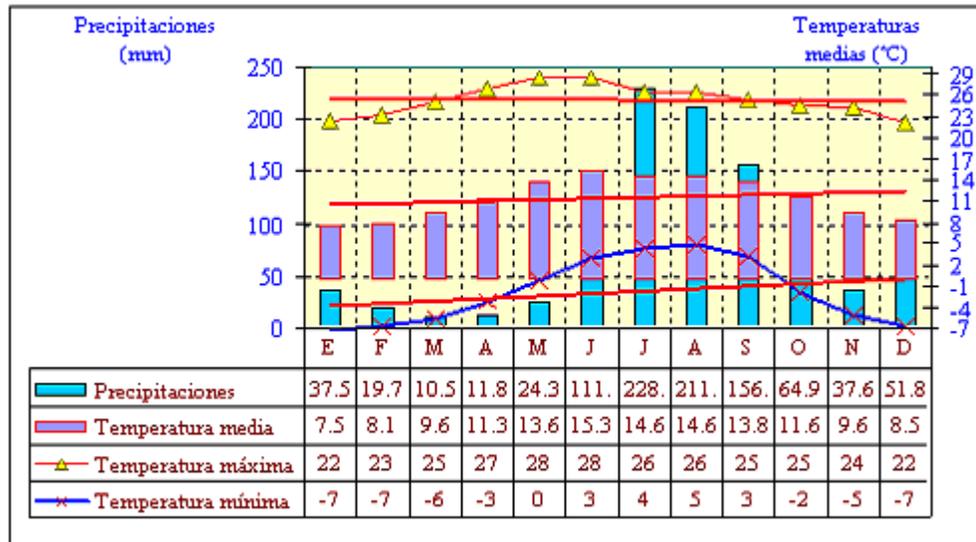


Figura 4.4. Climadograma de las Bayas, periodo 1963-2000. En ésta figura los valores tienen una distribución normal, correspondiendo la temperatura máxima a los meses de primavera y los de menor precipitación y la menor temperatura al invierno y la máxima precipitación en los meses de verano (junio-septiembre), con la temperatura entre los 8 y 15 °C.

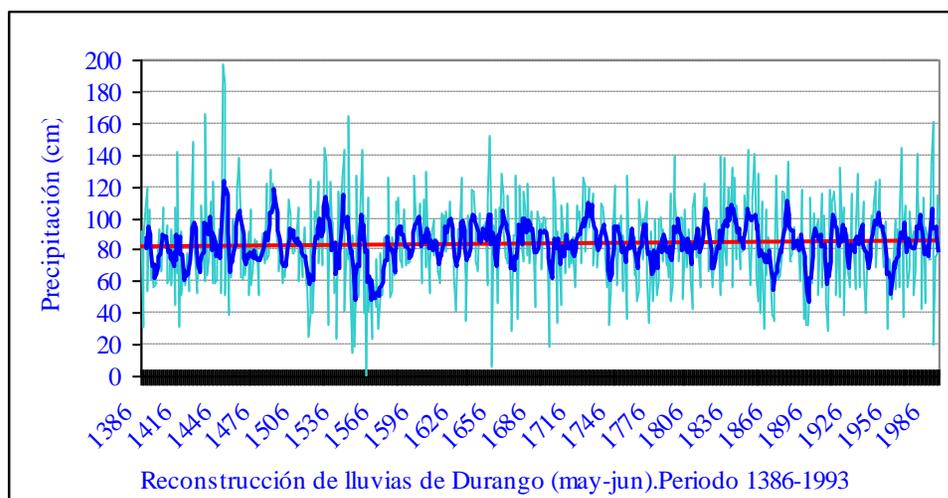
Con incremento en la temperatura, la energía de la superficie, hace que el balance de agua tienda a modificarse dominado por la evaporación y el contenido de humedad atmosférica neta se incrementa Pierrehumbert, (1999), (Del Genio et al., 1991; Trenberth, 1998), lo han observado como un suceso en muchos sitios. (Hense et al., 1988; Gaffen et al., 1992), consideran que globalmente debe haber un incremento en precipitación para reforzar el balance de evapotranspiración, que altera la precipitación localmente y no es muy claro como sucede. El aumento en el Hemisferio Norte es probable se debe a que está ligeramente inclinado, la precipitación en los Estados Unidos ha aumentado por entre 5 a 10% desde 1900 (Gruza *et al.*, 1999). Los datos de humedad del suelo para grandes regiones de Eurasia (Robock et al., 2000) muestran un gran tendencia ascendente. Regionalmente, Mekis y Hogg (1999) mostró que la precipitación en Canadá tenido aumentado por más de 10% durante el siglo 20 siglo. Zhang et al. (2000) informa de un aumento en las nevadas canadienses al norte de 55°N, Akinremi et al., (1999) encuentran un aumento de lluvia significativamente en praderas

de Canadá desde 1965 a 1995. En los años 50 China tiene un ligero decaimiento de la precipitación (Zhai *et al.*, 1999a), la cual es soportada por un (5% de nivel confianza) decrece en el número de días lluviosos (3.9%/decae). En contraste el área afectada es arriba del 10% Zhai *et al.* (1999b) muestra un incremento de precipitación en lo bajo y medio del río Yangtze y Oeste en la última parte del siglo 20. En Centro América se incrementa desde cerca de 1940, hasta el presente, en el oeste de México esta experimentando un incremento errático (Douglas y Englehart, 1999). Las evidencias paleoclimáticas con proxy (anillos de árboles, sedimentos de lagos y polen) están siendo usados para estimar la variabilidad en sequía y precipitación en los siglos pasados, para muchas regiones del hemisferio norte (Cook et al., 1999a), donde una conclusión importante es que el rango variabilidad de sequía regional observada durante el siglo 20 puede no ser representativo de un gran rango de sequías evidentes en los siglos anteriores (Laird et al., 1996; Woodhouse and Overpeck, 1998). Hughes and Graumlich (1996) and Hughes and Funkhouser (1999) dan evidencia de múltiples décadas de mega sequías en el oeste de gran desierto de Norte América en del siglo 10 al 14. Las relaciones de sequías y precipitaciones están estrechamente relacionadas con el efecto de la oscilación de la corriente del niño (Cole y Cook, 1998). La precipitación de la tierra global, ha aumentado por aproximadamente 2% desde del principio del siglo 20 (Jones y Hulme, 1996,; Hulme et al., 1998). El aumento es estadísticamente significativo pero no ha sido ni espacialmente " ni temporalmente uniforme (Karl and Knight, 1998; Doherty et al., 1999). Dai et al. (1997b). En el Hemisferio Sur, se incrementa la precipitación en Argentina observado desde 1900 a 1998 (Dai *et al.*, 1997b). La precipitación del Ártico es más del 50% más alto que los valores medios (Cook et al., 2005; Biondi et al., 2005).

Considerando lo anterior y de los resultados obtenidos, se puede observar que, las lluvias se presentan en los meses de verano y en la (Figura 4.5 a, b), la gran variabilidad observada, en los diferentes años, mostrando periodos muy húmedos, sin embargo, como se puede observar en la (Figura 4.6), aún el último siglo es menor la precipitación que en el periodo del final de la pequeña edad de hielo, donde es significativo el volumen de precipitación, (1786-1885), en la (Figura 4.7) se aprecia que el periodo de 1900 a 1993, es un periodo de eventos extremos, grandes precipitaciones y

sequías, la media muestra ciclos de entre 11 y 15 años, sin embargo cabe considerar que en España se reporta abundantes lluvias en los años 50s, y en esta figura se observa para Durango, sequía considerables y para la República Mexicana, un marcada disminución de éste periodo.

a)



b)

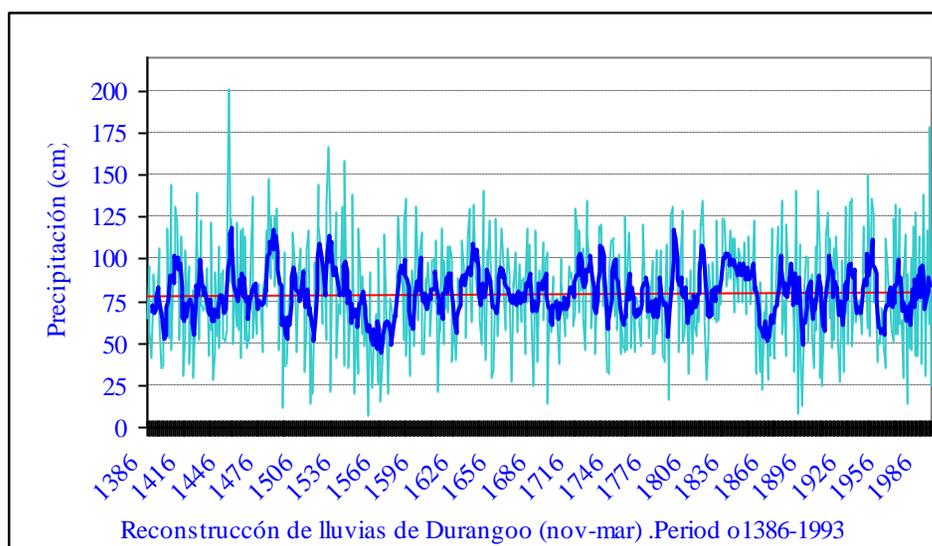


Figura. 4.5 (a y b). Precipitación de los últimos seis siglos en Durango, reconstrucciones de anillos de crecimiento periodo 1386-1993 (mar-nov y (mayo-junio)).

En ambas figuras la tendencia es a presentar mayor precipitación (línea roja) y la (línea azul) suavizada muestra ciclo de 30 años, disminuyendo en el último siglo.

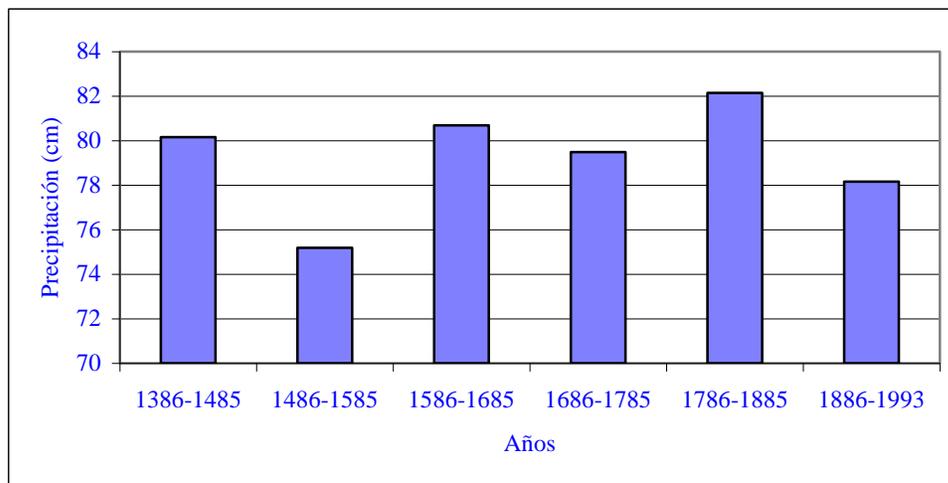


Figura 4.6. Para cada 100 años, de precipitación, en ésta obsérvese que en el pasado se han presentado periodos secos y otros muy húmedos más que el presente, la pequeña edad de hilo que se ha dicho fue de 1300 a 1850, destaca 1786-1885, coincidiendo con el final de ésta.

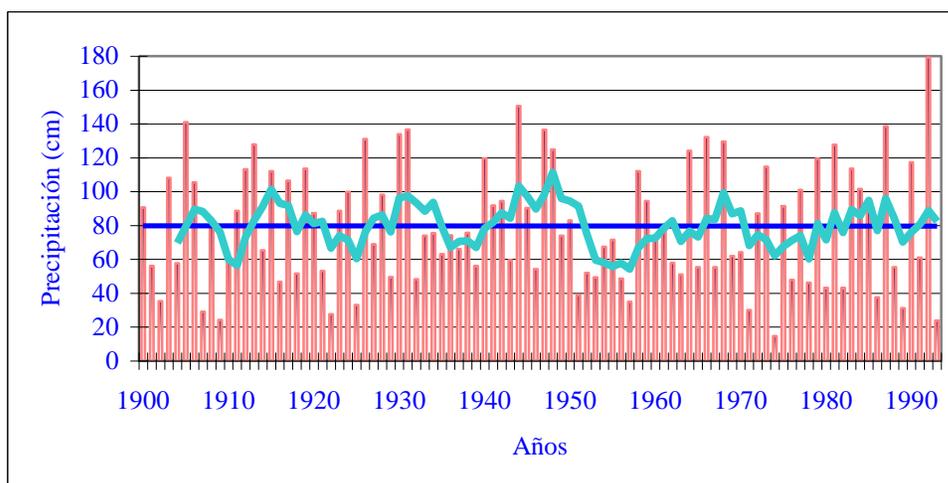


Figura 4.7. Muestra la variación de la precipitación de 1900 a 1993, determinado dendrológicamente, observe como los periodos de máximas oscilan están de 10 a 11

años y los de mínimas de 15 años, en la línea media de tendencia (color azul verde).

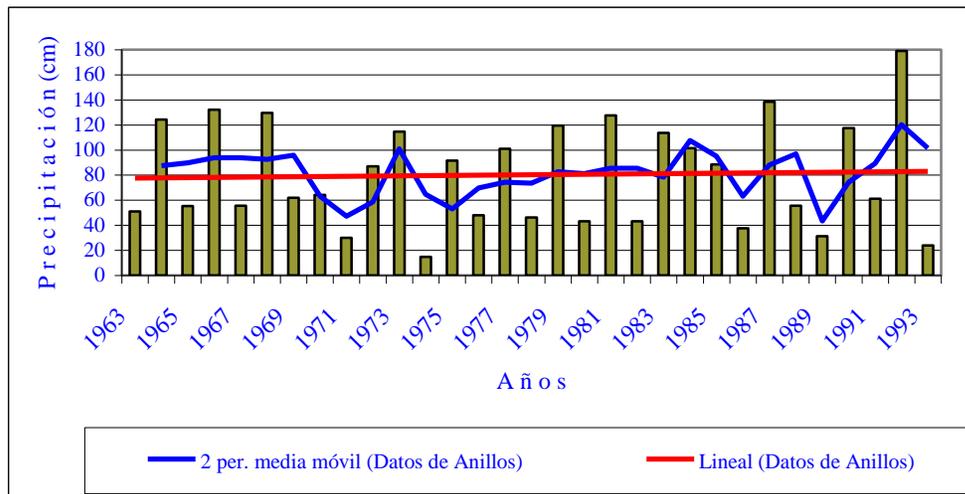


Figura 4.8. Datos de precipitación obtenidos de análisis dendroclimático, se puede observar eventos extremos de lluvias un año seco y otro húmedo, para el estado de Durango entre 1963 y 1993.

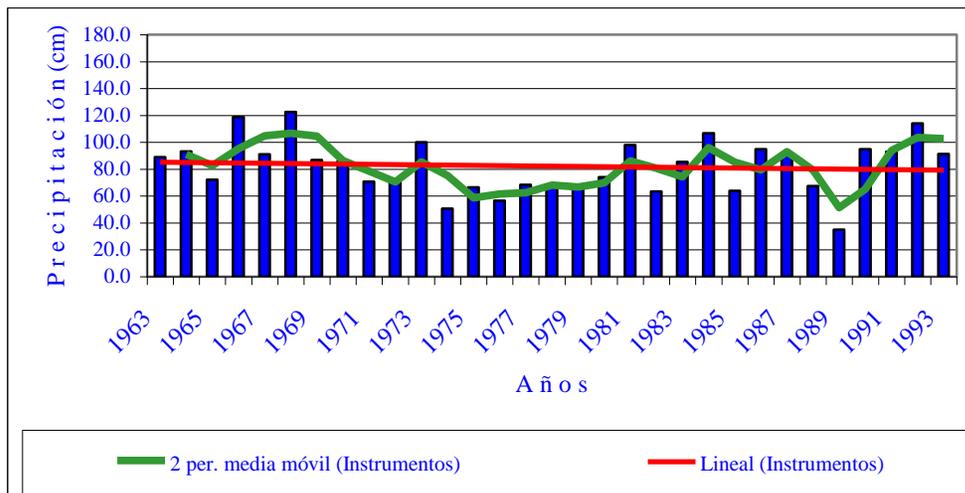


Figura 4.9. Muestra el periodo determinado con instrumentos de la estación de las Bayas, observe que estos valores no son tan extremos como los de la (Figura 6), en los mismos años, además muestra una tendencia a la disminución, para la zona de estudio, línea (roja), la línea verde, muestra la media suavizada, cada 2 años.

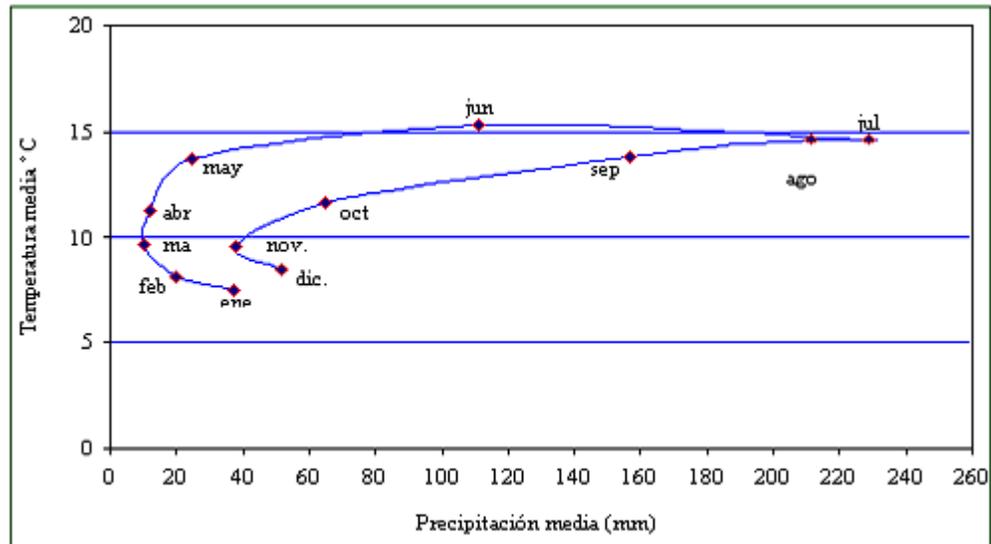


Figura 4.10. Termohiata de las Bayas, periodo 1963 a 1993. En esta figura observe como la precipitación de menor volumen se concentra en temperaturas en un rango de (8 a13 °C) y las de volumen mayor en temperaturas de 13 a 15 °C, y corresponde estas últimas a los meses de verano.

El año 1989 (Figuras 4.8 y 4.9), impactó en todos lados como se ve los volúmenes de precipitación muy bajos, evento que se puede ver en los registros de argentina (Oesterheld et al.1999; Paruelo et al., 1999) por lo anterior es de suponer que la lluvia de una región, esta estrechamente ligada a todo el planeta, y no son las montañas o la latitud o longitud la que está definiendo los patrones hídricos, son factores que el planeta tiene para su propia regulación, de ahí que se pueda explicar las nevadas en Brasil, en Hawaii, la falta de agua en distintas regiones, o su abundancia, el movimiento de factor climático al igual que la temperatura está dado por la interacción de todos los elementos que participan.

En la (Figura 4.10), se analiza el la distribución para los meses del año, la precipitación y su relación con la temperatura, mediante una gráfica denominada Termohiata, en la cual se puede ver que la mayor frecuencia de precipitaciones está centra en 8 meses y que son los de menor precipitación. Los grandes volúmenes en tan solo 4 meses, correspondientes al verano. Esta gráfica relaciona las bajas temperaturas

con bajos niveles de precipitación Pérez (2004), considera que la temperatura media en la que se dan las actividades del planeta es de 15°C, debido a los gases de efecto invernadero, en éste sitio la temperatura media en el periodo de 38 años de 11.5 °C, este valor refleja una diferencia de 3.5 °C menos.

Temperatura

Considerando lo que menciona (Pérez 2004), que la temperatura media del planeta es de 15 °C y que en ausencia de los gases de invernadero la temperatura sería de -18 °C. De la (Figura 4.11), la temperatura media del Hemisferio Norte de los últimos 1000 años, resaltan los últimos 100 años por el incremento tan significativo que se presenta, la línea amarilla proporciona la inestabilidad de la temperatura, asumiendo que el último incremento se debe al CO₂, el cual sube el 1% al año por acciones humanas (Mann et al., 1999.)

En la (Figura 4.12), el incremento de temperatura no está relacionado solamente con el incremento del CO₂, ya que esta mantiene su tendencia a la disminución y una variabilidad propia, por lo que lo observado en la (Figura 4.1), muestra con mayor claridad la presencia de múltiples factores que la modifican.

En la (Figura 4.13) se observan las fluctuaciones del CO₂, el incremento tan notorio, en el presente, sin embargo esta tendencia, ya se manifiesta desde hace 20 mil años, y no puede ser atribuible a la actividad humana, derivado que éstas se dan a partir de 1900 de manera importante, teniendo un aumento significativo en 1950, en Francia, (Figura 4.14), también muestra la tendencia de disminución, (Bradley, 1990, basado en datos de Le Roy Ladurie y Baulant, 1980). Se observa en ésta reconstrucción, de 1350 a 1400 era tan caluroso o casi igual que el presente, aunque esto es local. La (Figura 4.15) muestra la variabilidad de la temperatura, troposfera y estratosfera, en la que se aprecia el efecto de la actividad volcánica, de cómo incrementa la temperatura, llegando a ser la actividad volcánica muy importante en provocar esos aumentos, en la (Figura 4.16 y 4.17), el incremento que tiene en cada uno de los picos, tienen concordancia con las erupciones de diversos volcanes en el planeta, en 1943, en 1960 el Ayung, en 1982 el Chinchón.

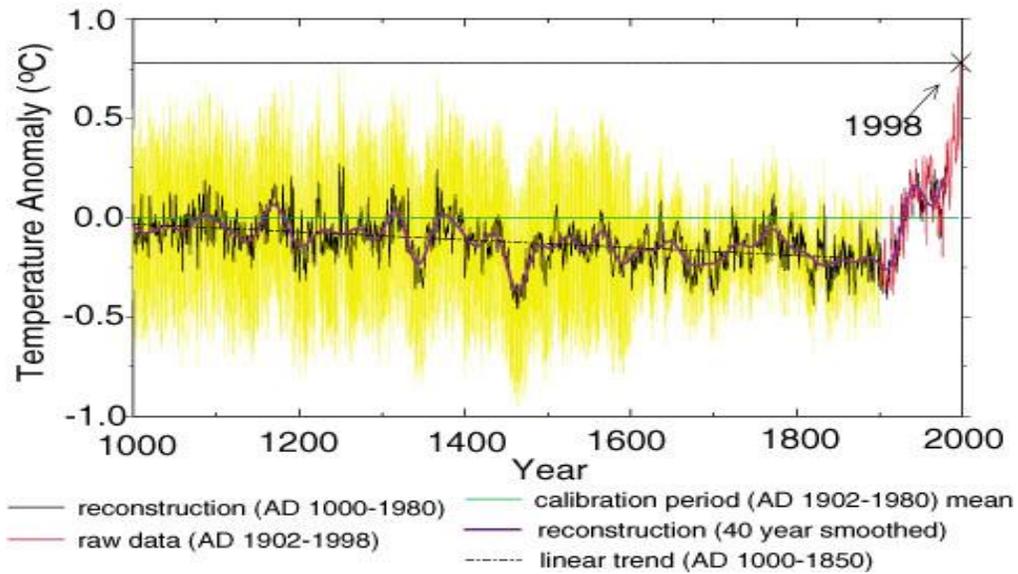


Figura 4.11. Temperaturas históricas globales. Fuente:

http://www.clivar.org/science/key_issues.htm#

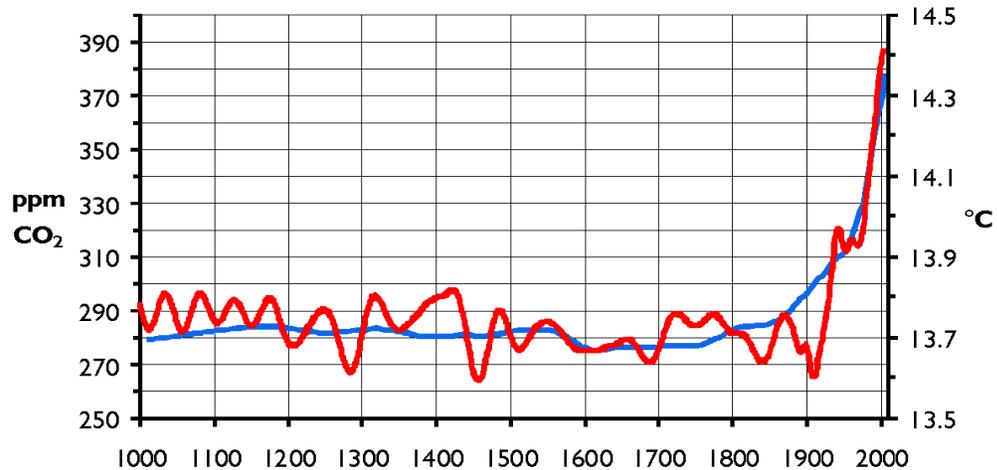


Figura 4.12. Muestra la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre (azul) y la temperatura media global (rojo), en los últimos 1000 años, la pequeña edad de hielo 1700 a 1850 termina en éste periodo.

Fuente: (IPCC, 2000; <http://eobglossary.gsfc.nasa.gov/Library/glossary.>)

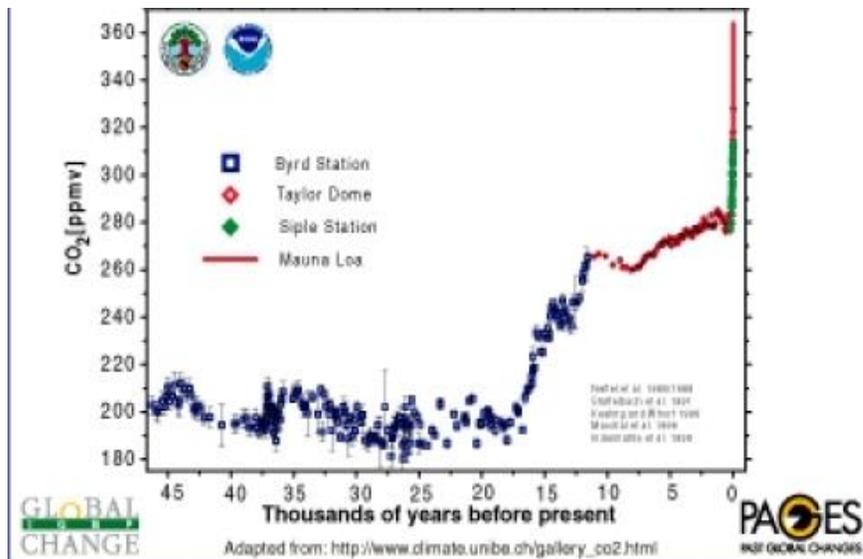


Figura 4.13. Tendencia del CO2 en los últimos 45 mil años.



Figura 4.14. Temperaturas históricas de París de 1350 a 2000, la línea punteada corresponde a medidas con instrumentos y línea continua de tallos de la vid. Observe como la temperatura ha venido disminuyendo hasta 1940. Fuente: (Bradley, 1990, <http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/proxies.html>).

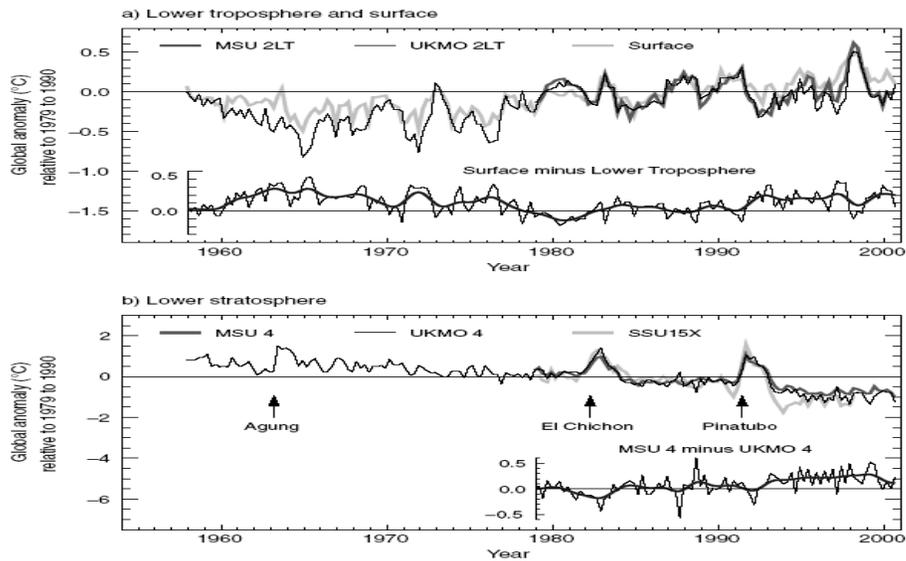


Figura 4.15. (a) anomalías de temperatura media global estacionales, de 1958 a 2000, relativo de 1979 a 1990 para el troposfera baja, observado de los satélites (MSU 2LT) y globos (UKMO 2LT), y para la superficie (adaptado de Jones et al., 2001). El además de ver el efecto de las erupciones de los volcanes: Ayung, El Chichon y el Monte Pinatubo. En el gráfico de abajo muestra las diferencias de temperatura de MSU 4 y UKMO 4, basado en las anomalías. Fuente: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar

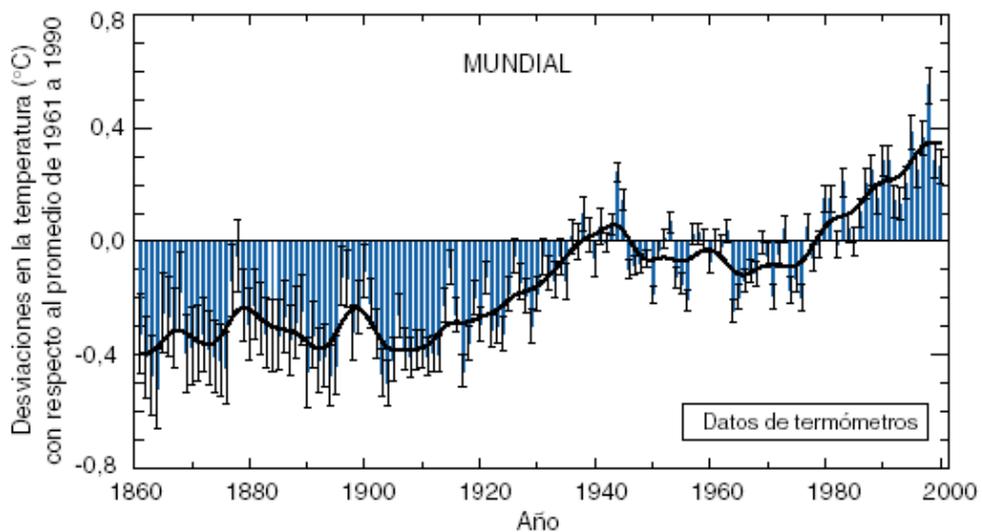


Figura 4.16. Anomalías en la temperatura anual combinada del aire de la superficie terrestre y de la superficie del mar (°C) en el período de 1861 a 2000, en

relación con el período de 1961 a 1990. Fuente: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar los picos del gráfico, corresponden básicamente al efecto de las erupciones volcánicas de 1943 del volcán Parícutín en Mich. México.

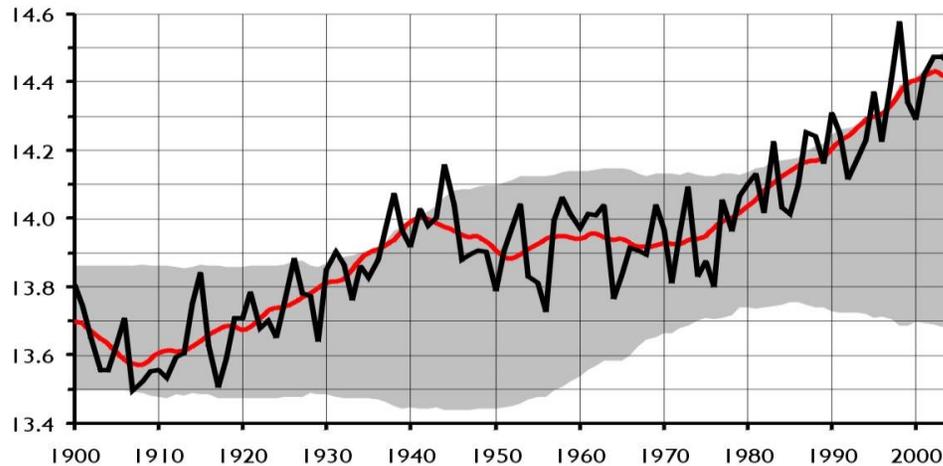


Figura 4.17. Temperatura media terrestre en el período 1900-2004. La línea roja indica la tendencia y la negra la variación del último siglo. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/070.htm

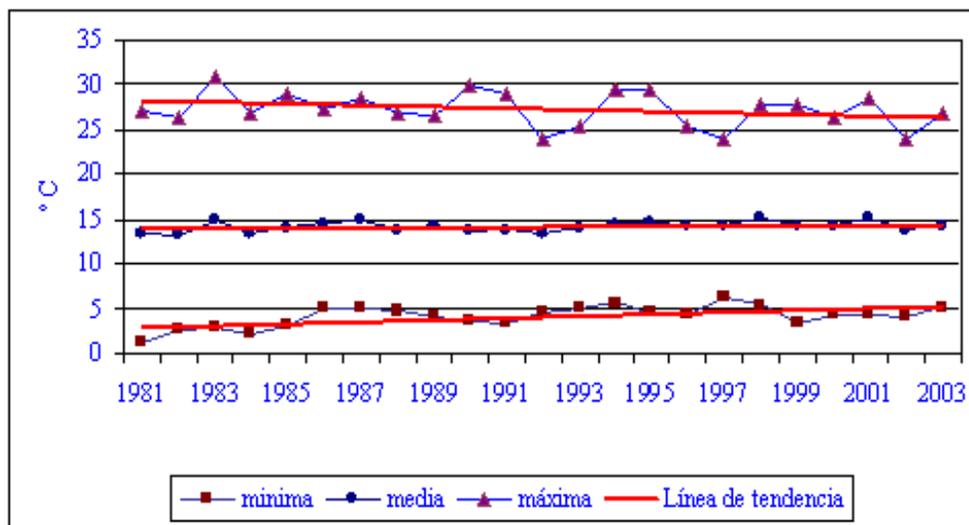


Figura 4.18. Marcha de temperaturas anuales, para Tamuco, Chile, periodo 1981-2003. Datos del SMCH.

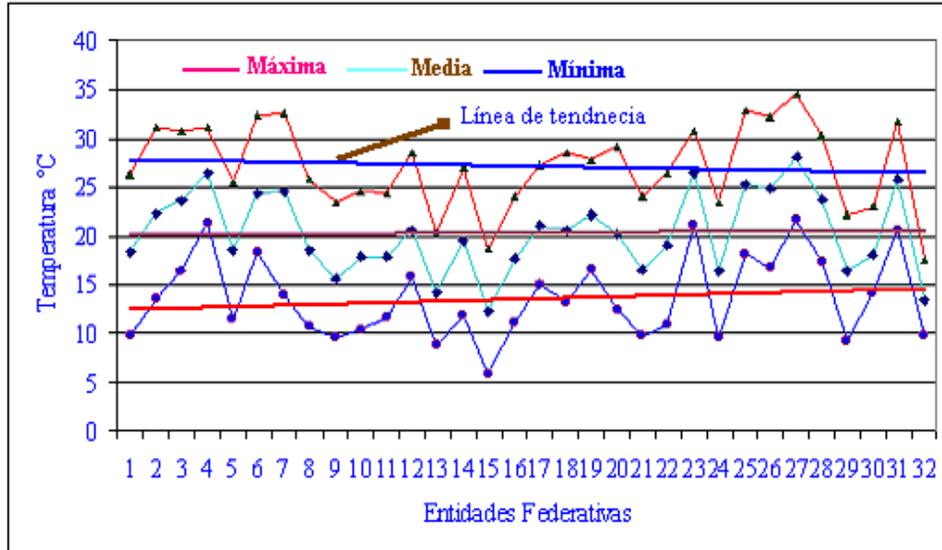


Figura 4.19. Temperaturas para las entidades federativas de la República Mexicana, periodo de 1951-1980.

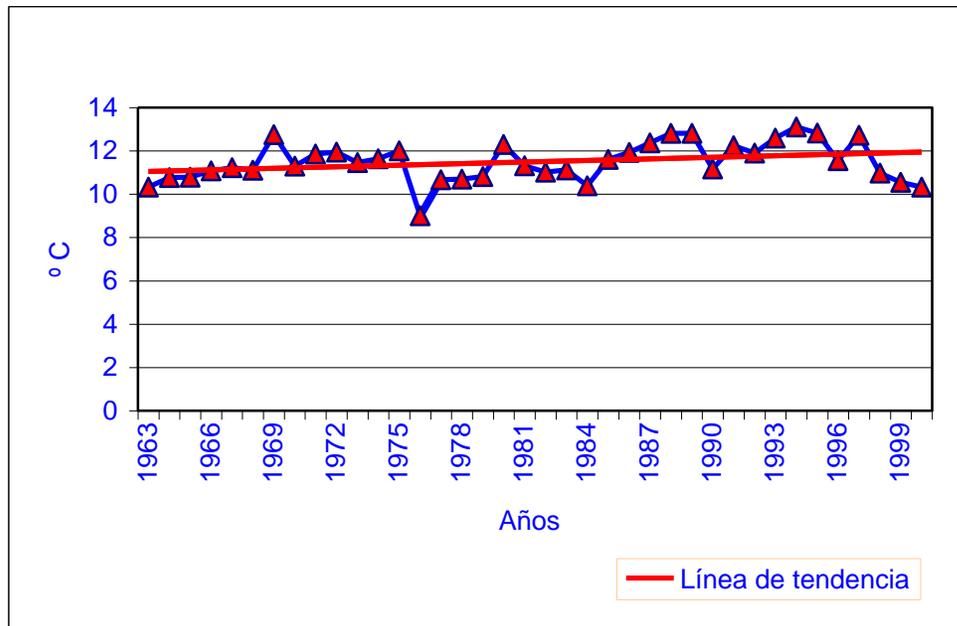


Figura 4.20. Temperatura media anual para las Bayas periodo 1963-2000. Datos obtenidos de instrumentos, se puede observar que su tendencia es a elevarse en los últimos años de las Bayas.

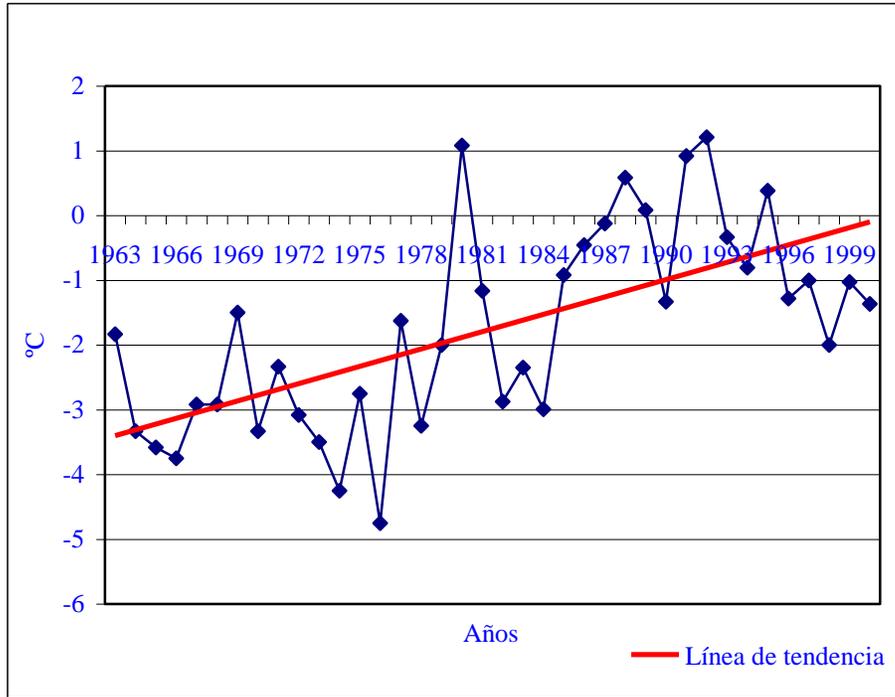


Figura 4.21. a) Media de temperatura mínima anual de las Bayas.

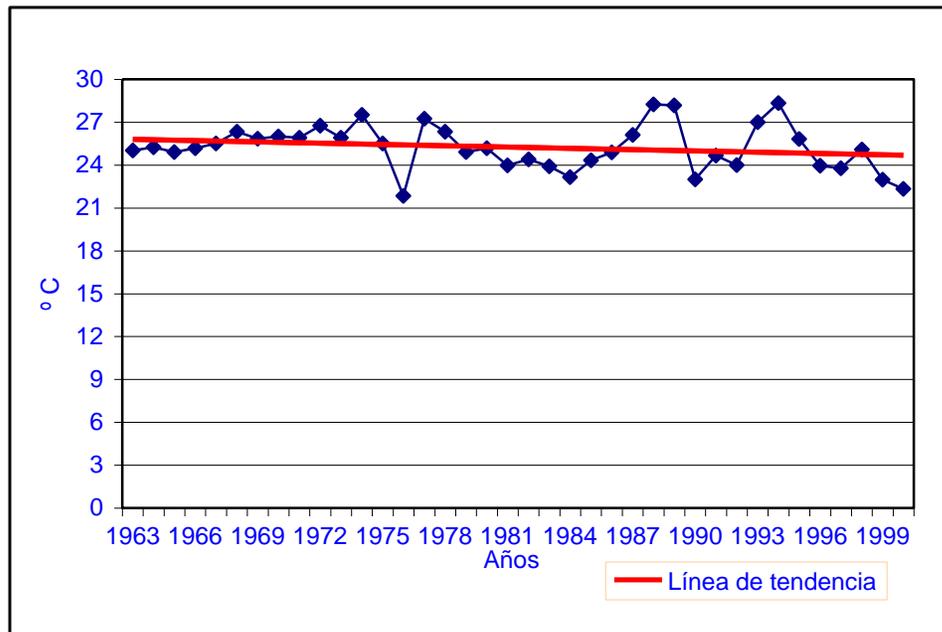


Figura 4.22. a), Media de temperatura máxima anual.

En el periodo de los años 1800 al 2000, cuando realmente sufre el incremento de temperatura, que se pudieran deber en gran medida a la actividad humana destacando principalmente el abandono de las tierras agrícolas, la deforestación y fundamentalmente las guerras, por diferentes países, así el reflejo que se observa en Tamuco Chile y en la República Mexicana (Figura 4.18 y 4.19) donde la temperatura media, y la mínima tienen un incremento, coincidiendo con el patrón general de aumento de temperatura, no así para la máxima, que esta continúa descendiendo como se observa en la (Figura (4.11,4.12, 4.14 y 4.15).

Con respecto a los resultados obtenidos en la zona de estudio, se observa en la (Figura 4.20 y 4.21) un incremento en la temperatura media y mínima considerable, no así para la máxima (Figura 4.22), que muestra coincidencia con los datos de las (Figuras 4.11, 4.12, 4.13, 4.15, 4.18 y 4.19), que mantiene tendencia a disminuir ésta, por lo que se puede suponer que esta influenciada directamente por la estratosfera, y las actividades humanas, sin embargo los eventos naturales, de gran magnitud como los volcanes pueden estar influenciado considerablemente a éste factor.

Tipo de clima

Tabla 4.5. Tipo de clima de las Bayas de acuerdo a la clasificación de:

Clasificación	Clima	Símbolo	Características
Thornthwait	Húmedo medio	B2 (Ih= 58.2)	IH = 40-60
Gausson	Mesotérmico (templado)	TP It Itc (120-320)	T °C 11-15
Köppen	Templado	Cw bc'	Temperatura media menor de 18 °C y superior a -3 °C y

İ. Datín Ravenga	Húmedo	1.2	
------------------	--------	-----	--

Tabla 4.6. Ficha hídrica de las Bayas.

 **Ficha hídrica**
(ETP calculada por Thornthwaite)

Nombre de la Estación: Las Bayas **Capacidad de campo:** 100,0 mm

MESES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Tm	7,5	8,1	9,6	11,2	13,6	15,3	14,6	14,6	13,8	11,6	9,6	8,5
ETP	28,1	29,5	42,1	52,5	71,5	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
P	37,5	19,7	10,5	11,8	24,3	111,1	228,6	211,6	156,6	64,9	37,6	51,8
Reserv	100,0	90,7	66,1	44,0	27,4	57,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ETRMP	28,1	29,0	35,1	33,9	40,9	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
SF	0,0	0,5	7,0	18,6	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DRJ	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,8	136,1	92,6	14,3	0,6	19,7

Σ ETP = 643,3 mm CLIMA MESOTÉRMICO **Ih** = 58,2 CLIMA HÚMEDO
 Σ SF = 56,8 mm Σ DRJ = 379,5 mm Σ ETRMP = 586,5 mm

Tm = Temperatura media mensual (°C) **ETRMP** = Evapotranspiración real máxima posible (mm)
ETP = Evapotranspiración Potencial (mm) **SF** = Sequía fisiológica (mm)
P = Precipitación mensual (mm) **DRJ** = Drenaje del suelo (mm)
Reserv = Reserva de agua del suelo (mm) **Ih** = Índice hídrico anual.

Considerando la clasificación de INEGI, que la región la tiene caracterizada, con un clima templado subhúmedo, y de acuerdo a la clasificación de la (Tabla 4.5 y 4.6), este sería un clima templado húmedo, lo cual lo sitúa a la zona de estudio en una región de importancia para la conservación de la Biodiversidad, de las áreas boscosas que tienen estas condiciones climáticas (FAO 2002), son pocas que existen en nuestro país las identificas están cercanas a la costa en elevaciones menores a los 1000 msnm, no muy abundantes en nuestro país.

Conclusiones

Ruiz de Elvira (2005), considera que la corriente del golfo, puede modificarse o se está modificando, generando un enfriamiento del planeta, donde Europa en 2015 estará bajo hielo el planeta en general para el 2100, (Steven *et al.*, 2004), encuentran que

compuestos orgánicos que contienen carbonos, que se liberan a la atmósfera por la combustión, generan enfriamiento y calentamiento y la diferencia de ambos produce un calentamiento de 1.1 W/m^2 . (Hansen et al., 2004; Cook *et al.*, 2005), analizan los glaciares de la antártica y observan un retroceso en ellos, atribuibles al calentamiento atmosférico, dejando al descubierto grandes superficies marinas, que absorben calor. Por otro lado (Rich y Young 2004), en Science hace un análisis de las publicaciones de las Montañas del Oeste Americano, y muestra que el 30% del reservorio de USA, en forma de nieve, se encuentra en forma líquida, atribuible al calentamiento global y realizan un modelo de simulación hasta el año 2090, concluyendo la pérdida del 85% de estas nieves, con el consecuente aumento de los ríos, Meehl *et al.*, (2005), consideran que de continuar el calentamiento global por efecto de los gases de invernadero mayor será el aumento del nivel del mar y puede modificar la corriente del golfo, aumentando el frío en el atlético norte, por lo que el aumento de la temperatura. que se observa en las (Figuras 4.10 y 4.11), es causado por el calentamiento del océano, las emisiones de gases de efecto invernadero de combustibles fósiles, y aunque no se considera el efecto erosivo, por actividades agrícolas y la pérdida de suelo por la deforestación, aunado a las partículas emitidas por los volcanes, que tiene efectos importantes en la troposfera y en la estratosfera, es evidente que este calentamiento afecte a los distintos organismos, y sobre todo los ciclo hídrico, prolongando el déficit., a mayor número de meses de tal forma que la capacidad de campo estará modificada continuamente, Por tanto la precipitación de las Bayas y la temperatura, tienen el mismo patrón de comportamiento mundial, la tendencia de la temperatura máxima a disminuir tiene concordancia con los datos de Chile y de la República Mexicana, y seguramente esta tendencia es causada por la actividad volcánica, los aerosoles, la erosión terrestre, que de no ser por la actividad humana que genera la emisión de gases de efecto invernadero, seguramente estaríamos en un momento de glaciación. La clasificación climática de las bayas de acuerdo a los diferentes criterios analizados y en función de su precipitación y temperatura, pertenece a un clima templado húmedo, cuya vegetación dominante es la de un bosque de pino-encino y es justamente la vegetación dominante esta zona, por lo que a pesar de la alta variabilidad de precipitación y temperatura y los cambios ocurridos mundialmente este clima, aún no ha cambiado, por lo que es necesario hacer una búsqueda más específica

de especies bioindicadoras de cambio climático, así como establecer una red de monitoreo climático en diferentes sitios dentro de esta área, ya que es muy representativa de la regiones de clima templado.

LITERATURA CITADA

- Akinremi, O.O., S.M. McGinn and H.W. Cutforth, (1999). Precipitation trends on the Canadian Prairies. *J. Climate*, 12, 2996-3003.
- Ayala C., J., (2000). Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en España y Viabilidad del Plan Hidrológico Nacional, Instituto Geológico Minero de España. <http://tierra.rediris.es/documentos.html>.
- Bradley (1990). Temperaturas históricas de París de 1370 a1879.(Basado en datos de Le Roy Ladurie y Baulant, (1980). <http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/proxies.html>
- Budyko, J. I.(1974). *Climate and Life*, Academic Press, 508 .
- Biondi, .. Hartsong, C., P., Galindo E., I., (2005) Daily Weather and Tree Growth at Tropical Tree Line of North America. Vol. 37 No. 1, Institute of Arctic and Alpine Research University of Colorado.USA. p. 16-24.
- CES, (2003). Disminución de los recursos superficiales de la Cuenca de Murcia, http://www.cesmurcia.es/estudios/rec_hidr/concl_rh.htm
- Cook A.,J., Fox, A.,AJ., Vaughan, D.,G., Ferrino, J.,G., (2005).Retreatig Glaciar Fronts on the Abtartic Peninsula over the Past Half-Century. *Science* Vo. 308 p. 540-544.
- Cole, J.E. and E.R. Cook, (1998). The changing relationship between ENSO variability and moisture balance in the continental United States. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 4529-4532.
- Cook, E.R., D.M. Meko, D.W. Stahle and M.K. Cleaveland, (1999). Drought reconstructions for the continental United States. *J. Climate*, 12, 1145-1162.
- Dai, A., I.Y. Fung and A.D. Del Genio, (1997b). Surface observed global land precipitation variations during 1900-88. *J. Climate*, 10, 2943-2962.
- Douglas, A.V. and P.J. Englehart, (1999). Inter-monthly variability of the Mexican summer monsoon. *Proceedings of the Twenty-Second Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop*, Berkeley, CA, October 6-10, 1997, Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOM, NTIS #PB97-159164, pp. 246-249.
- Doherty, R.M., M. Hulme and C.G. Jones, (1999). A gridded reconstruction of land and ocean

precipitation for the extended Tropics from 1974-1994. *Int. J. Climatol.*, 19, p.119-142.

Echarri, L. (1998). *Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente*. Ed. Tei de España .pp 345.

FAO (2002). Informe de la 21° Reunión de la Comisión Forestal para América Latina y el Caribe (COFLAC) <http://www.fao.org/unfao/bodies/Larc/26Larc/larc26-s.htm>

Gaffen, D.J., M.A. Sargent, R.E. Habermann and J.R. Lazante, (2000b). Sensitivity of tropospheric and stratospheric temperature trends to radiosonde data quality. *J. Climate*, 13, 1776-1796.

García E. (1978). *Los climas de México*, UNAM. p.160 .

Garcia, N.O. and W.M. Vargas, 1998: The temporal climatic variability in the 'Rio de la Plata' Basin displayed by the river discharges. *Clim.Change*, 38, p.359-379.

Hansen J. Nazarenko L., Ruedy R., Sato M., Willis J., Del Genio A., Koch, d., Lacis A., Lo K., Menon S., Novakov T., Perlwitz J., Russell G., Shamid G., A., Tausnev N., (2004). Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications. *Scienceexpress* 10.126, since.1110252 pp 9.

Gruza, G., E. Rankova, V. Razuvaev and O. Bulygina, (1999). Indicators of climate change for the Russian Federation. *Clim. Change*, 42, p.219-242.

Gordo y Sanz (2005). Impacto del cambio climático sobre la fenología vegetal de la Península Ibérica. I congreso: Cambio Climático Agricultura y Medio Ambiente, Valladolid, Esp.

Hughes and Graumlich (1996) and Hughes and Funkhouser (1999). Hughes, M.K. and L.J. Graumlich, 1996: Multimillennial dendroclimatic records from Western North America. In: *Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years*, R.S. Bradley, P.D. Jones and J. Jouzel (eds.), Springer Verlag, Berlin, p109-124.

Hansen, J. and S. Lebedeff, (1988). Global surface temperatures: update through 1987. *Geophys. Res. Lett.*, 15, 323-326.

Hulme, M., T.J. Osborn and T.C. Johns, (1998). Precipitation sensitivity to global warming: Comparison of observations with HadCM2 simulations. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3379-3382.

IPCC, (2000). <http://eobglossary.gsfc.nasa.gov/Library/glossary>.

IPCC, (2001). <http://eobglossary.gsfc.nasa.gov/Library/glossary>.

IPCC, (2003). <http://eobglossary.gsfc.nasa.gov/Library/glossary>.

Jones, P.D., T.J. Osborn, K.R. Briffa, C.K. Folland, E.B. Horton, L.V. Alexander, D.E. Parker

and N.A. Rayner, (2001). Adjusting for sampling density in grid box land and ocean surface temperature time series. *J. Geophys. Res.*, 106, 3371-3380.

Jones, P.D. and M. Hulme, (1996). Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *Int. J. Climatol.*, 16, p. 361- 377.

Jones, K.R. Briffa, T.P. Barnett, S.F.B. Tett (2000). Links to Paper Sources. *Science*, 289: p. 270-277.

Karl, T.R. and R.W. Knight, (1998). Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the USA. *Bull. Am. Met. Soc.*, 79, p.231-241.

Laird et al., 1996; Woodhouse and Overpeck, (1998). Laird, K.R., S.C. Fritz, K.A. Maasch and B.F. Cumming, 1996: Greater Drought Intensity and frequency before AD 1200 in the Northern Great Plains. *Nature*, 384, p. 552-554.

Woodhouse, C.A. and J.T. Overpeck, 1998: 2000 years of drought variability in the central United States. *Bull. Am. Met. Soc.*, 79, 2693- 2714.

Letih, H. y E. Box (1972). “ Evapotranspiration and Primary Productivity, C. W. Thornwaite Memorial Model”, in Papers on Selected Topics in Climatology, J.R Mather, Ed., Elmer, NY., 2:37-44.

Leith, H. (1973). Primary Productivity in Ecosystems: Comparative Analysis of Global Patterns, Unifying Concepts in Ecology, pp. 67-68.

Mann, M.E., R.S. Bradley y M.K. Hughes, "Temperaturas del Hemisferio Norte en el último milenio: inferencias, incertidumbres y limitaciones" (en inglés) *Geophysical Research Letters*, vol. 26, p. 759-762, 1999

Mann, M., E., Raymond S. Bradley y M., K., Hughes (1999). "Temperaturas del Hemisferio Norte en el último milenio: inferencias, incertidumbres y limitaciones" (en inglés) *Geophysical Research Letters*, vol. 26, p. 759-762, 1999.

Mekis, E. and W.D. Hogg, (1999). Rehabilitation and analysis of Canadian daily precipitation time series. *Atmosphere-Ocean*, 37(1), 53-85.

Pareulo, M.,O.; J. M., Loreti J., Piñeiro G., (1999). Variación temporal de los recursos forrajeros de la zona Sudoeste de AACREA, Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires <http://www.agro.uba.ar/users/lart/crea2/inicio.htm>

(PROCLI Ver 1.0, 1997) Programa diseñado en la Universidad de Huelva España es una aplicación diseñada para automatizar por completo el proceso de adquisición de los datos termopluviométricos, su tratamiento estadístico y la obtención de los índices fitoclimáticos de mayor interés. En la actualidad está disponible la versión PROCLI v1,0

cuyo uso es libre para fines no comerciales.

Pérez G. R. 2004. Un planeta arropado por nubes. Ciceana, Ac.

Rosenzweig , _M.L. (1968).”Net Primary Productivity of Terrestrial Communities: Prediction From Climatological Data”, *Am Nat.*, 102(/1923), pp67-74.

Stakhiv, E., (1993) “ Water resources planning and management Under climate uncertainty”, in Ballentine, T. and E. Stakhiv (Eds), *Proceeding of conference on climate change and Water Resource Management*, US Army Institute for Water Resources, Fort Belvoir Va, USA. IV/20-IV/36.

Rich, P., and Young J., (2004). *New Focus: As the West Goes Dry*. *Science* Vol. 303 p.1124-1127.

Ritter O.,W. 1996. Un modelo integral clima-producción (aplicaciones en la optimización de ecosistemas naturales y agrícolas del estado de Tlaxcala), tesis de Doctorado en Biología Facultad de ciencias, UNAM, Mexico, 159 p.

Ritter O.,W., R. S. Guzmán, A., B., Estrada (1999). Un Método gráfico para la regionalización agroecológica del recursos naturales. *Investigaciones Geográficas* 38, *Boletín del Int. De Geografía*, UNAM.

Ruíz de Elvira, A. (2005). *El Problema del Agua en España y el Cambio Climático*. I Congreso: Cambio climático Agricultura y Medio Ambiente, Valladolid, Esp.

Paruelo, J.M., Lauenroth, W.K., Burke, I.C. and Sala O.E. 1999. Grassland precipitation use efficiency across a resource gradient. *Ecosystems* 2:64-68.

Paruelo, J.M., Garbulsky, M.F. Guerschman, J.P.y Oestreheld M. (1999). Caracterización regional de los recursos forrajeros de las zonas templadas de Argentina mediante imágenes satelitarias.*Revista Argentina de Producción Animal*. 19:125-131.

Soaenz, C., M, (2002) *Tratado de climatología aplicada a la ingeniería ambiental* (Ed) Mundi Prensa, Madrid Es.720 pp.

Thornthwaite, c. w. y Mather, j. r. (1957). *Instructions and tables for computing evapotranspiration and the water balance*. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology, (Publications in Climatology) .

Zhang, X., L.A. Vincent, W.D. Hogg and A. Niitsoo, (2000). Temperature

and precipitation trends in Canada during the 20th Century. *Atmosphere-Ocean*, 38, 395-429.

- Zhai, P.M., A. Sun, F. Ren, X. Liu, B. Gao and Q. Zhang, (1999a). Changes of climate extremes in China. *Clim. Change*, 42, 203-218.
- Zhai, P.M., F.M. Ren and Q. Zhang, (1999b). Detection of trends in China's precipitation extremes. *Acta Meteorologica Sinica*, 57, 208-216.
- Hansen J. Nazarenko L., Ruedy R., Sato M., Willis J., Del Genio A., Koch, d., Lacis A., Lo K., Menon S., Novakov T., Perlwitz J., Russell G., Shamidt G., A., Tausnev N., (2004). Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications. *Scienceexpress* 10.126, since.1110252 pp 9.
- Meehel G., A., Washington W., M., Collins D., W., Arblaster M., J., Lawrence H., A., Buja E., Strand G., W., Teng H., (2005). How Much More Global Warming and sea Level Rise? *Science* VOL. 307 p.1769-1762

CAPITULO V

BALANCE HIDROLÓGICO DE LAS BAYAS Y TIPO DE SUELOS

Resumen

Para conocer con propiedad el estado hídrico de una zona es necesario elaborar lo que se conoce como Balance hídrico, es la evaluación de las ganancias y pérdidas de agua sufridas por el suelo en periodos de tiempo definidos. Se puede estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año, esto es fundamental para evaluar la disponibilidad de agua para las plantas, estudios hidrológicos de conservación de suelos, recuperación de suelos salinos, repoblación forestal, o el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática, los aspectos nutricionales del suelo, están estrechamente relacionados con el balance de agua y son de gran importancia, regularmente se subestiman al establecer plantaciones en suelos de baja fertilidad (Turner y Lambert, 1986).

El modelo de Thornthwaite (1931), es el que más se usa para determinar el balance hídrico, se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y el balance de vapor de agua. El exceso de agua solo se producirá cuando el valor de la precipitación supere la evapotranspiración potencial ETP más la variación de la reserva, el déficit solo existirá cuando la evapotranspiración real sea menor que la potencial y su valor será la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la real. Considerando las argumentaciones de Fassbender *et al.* (1979b), en las que se asume que para un valor de evapotranspiración diaria de 3 mm, se requieren aproximadamente 1095 mm de precipitación, y con valores inferiores los bosques de coníferas tienden a desaparecer por deficiencias nutricionales, debido al estrés hídrico. (Hernández Gil 1978; Rampanana *et al.*, salvo que se trate de cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros en cuyo

supuesto se adoptará el valor de 10 mm, definido como la lámina de agua que circula en una cuenca, siendo la relación que existe entre la precipitación diaria P_d correspondiente al periodo elegido para su análisis y el umbral de escorrentía P_o (fracción de precipitación diaria), a partir de la cual se inicia la escorrentía de las aguas (Ceballos y Shanabel 1997). Y para el bosque de coníferas propone un valor para el coeficiente de escorrentía de (0.10 a 0.20).

Coefficiente de Erodabilidad.

La erodabilidad K representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, que también tiene efectos directos en el balance hídrico Mattos (1999) y representa a la capacidad que tiene cada tipo de suelo para afrontar la erosión en función de las características que presenta. Cuyo valor varía según el tipo de suelo, como lo expresa Ortega (2004), por ello propone un modelo que calcula el índice K , y el valor lo relaciona con la clasificación de suelos propuesta por Soil Survey, (1998). Ayala (2000) sugiere que la variación de la precipitación se puede medir con la aplicación del Coeficiente de Variación C_v (desviación standard / media). (Gómez *et al.*, 1992; 1995). Considerando los resultados obtenidos (Tabla 5.2) de las diferentes muestras de agua, no se obtiene ningún valor por debajo de 4.5, que puede ser considerado como el límite más bajo para aguas naturales (Charlson y Rodhe, 1982), el pH, medio es de 6.3, lo que la clasifica como agua pura. Los valores obtenidos están entre (7 y 29 mS cm^{-1}). (Dambrine *et al.*, 1979a; Márquez *et al.*, 1994) según estos autores, la baja precipitación, produce valores de pH (4.2-4.8), el contenido de materia orgánica (0.2 - 0.7%), fósforo (1.0 - 2.0 ppm), el magnesio (0.17 meq/100g) y potasio (0.04 meq/100g) considerados muy bajos, en estudios realizados por De Petre *et al.*, (1999) encuentran que en un suelo de bosque templado la materia orgánica esta en promedio de 53.1%, (Gonçalves 1996) consideran que la productividad y fertilidad del suelo esta determinada por ésta y que es un factor crítico en la reducción de la erosión del suelo, a través de proporcionarle estabilidad al suelo. Para calcular el balance hídrico, es necesario en primer término conocer los valores de la precipitación y temperatura mensual por un periodo no menor de 7 años,

Pérez (2004), del coeficiente de erodabilidad y escorrentía.

INTRODUCCION

Para conocer con propiedad el estado hídrico de una zona es necesario elaborar lo que se conoce como Balance hídrico, es la evaluación de las ganancias y pérdidas de agua sufridas por el suelo en periodos de tiempo definidos. Se puede estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año, esto es fundamental para evaluar la disponibilidad de agua para las plantas, estudios hidrológicos de conservación de suelos, recuperación de suelos salinos, repoblación forestal, o el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática, los aspectos nutricionales del suelo, están estrechamente relacionados con el balance de agua y son de gran importancia, regularmente se subestiman al establecer plantaciones en suelos de baja fertilidad (Turner y Lambert, 1986).

El modelo de Thornthwaite (1931), es el que más se usa para determinar el balance hídrico, se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y el balance de vapor de agua. En 1948, éste mismo autor modificó el concepto cambiando el parámetro de evaporación a evapotranspiración potencial que se derivó de temperatura. El exceso de agua solo se producirá cuando el valor de la precipitación supere la evapotranspiración potencial ETP más la variación de la reserva, el déficit solo existirá cuando la evapotranspiración real sea menor que la potencial y su valor será la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la real. Considerando las argumentaciones de Fassbender *et al.*,(1979b), en las que se asume que para un valor de evapotranspiración diaria de 3 mm, se requieren aproximadamente 1095 mm de precipitación, y con valores inferiores los bosques de coníferas tienden a desaparecer por deficiencias nutricionales, debido al estrés hídrico. Así (Stone y Will, 1965; Vail *et al.*, 1961; Appleton y Slow 1966; Tolenaar, 1969). (Hernández Gil 1978; Rampanana *et al.*, 1986; Lambert y Ryan 1990), hallaron en experimentos de campo, muerte regresiva en

el género *Pinus* por una deficiencia de boro, a causa del estrés.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el balance hídrico.
- Determinar la calidad del agua y suelo y su efecto en la regeneración natural del bosque.

METODOLOGIA

Características fisicoquímicas del agua y suelo

Los análisis fisicoquímicos del suelo y agua, se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la UANL.

Coefficiente de escorrentía

Ortega (2004), propone una clasificación de tipos de suelo en función de su textura, para ello es necesario determinar el coeficiente de escorrentía; y propone un modelo para calcularlo, lo considera un elemento que está estrechamente relacionado con el balance hídrico y sugiere que cuando en el umbral de escorrentía, no se requiere precisión en el cálculo se puede adoptar como valor de $P_o = 20$ mm., salvo que se trate de cuencas con rocas o suelos arcillosos muy someros en cuyo supuesto se adoptará el valor de 10 mm, definido como la lámina de agua que circula en una cuenca, siendo la relación que existe entre la precipitación diaria P_d correspondiente al periodo elegido para su análisis y el umbral de escorrentía P_o (fracción de precipitación diaria), a partir de la cual se inicia la escorrentía de las aguas (Ceballos y Shanabel 1997). Y para el bosque de coníferas propone un valor para el coeficiente de escorrentía de (0.10 a 0.20), el modelo se calcula con la siguiente expresión:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_o} \right) - 1 \right] * \left[\left(\frac{P_d}{P_o} \right) + 23 \right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_o} \right) + 11 \right]^2}$$

donde:

C = Coeficiente de Escorrentía.

Pd = Precipitación Diaria correspondiente al Periodo de Retorno elegido, dada en mm.

Po= Umbral de Escorrentía (mm), obtenido de las tablas sugeridas para cada tipo de suelos.

El modelo anterior solo permite obtener un valor del periodo analizado, sin poder calcular la variabilidad mensual o el efecto de la pendiente, por tanto éste modelo requiere una adecuación, para ello (Roberto Luévano y Karla Olimpia Luevano 2006) proponen una modificación a éste, para integrar el efecto de estas variables, a partir de la siguiente expresión:

$$C_{eL} = \left(\frac{\left(\frac{\overline{P}_m}{V_{p_min}} - 1 \right) \left(\frac{\overline{P}_m}{V_{p_min}} + 23 \right)}{\left(\frac{\overline{P}_m}{V_{p_min}} + 11 \right)^2} \right) \left(\frac{\overline{V}_p}{V_{p_min}} \right)$$

donde:

CeL = Coeficiente de Escorrentía.

\overline{P}_m = Precipitación media mensual correspondiente al elegido, dada en mm.

$\overline{V_p}$ = Valor medio de la pendiente registrado en la zona de estudio (%).

$V_{p \min}$ = Valor mínimo de la pendiente, obtenido de la zona de estudio (%).

Coefficiente de Erodabilidad.

La erodabilidad K representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, que también tiene efectos directos en el balance hídrico Mattos (1999) y representa a la capacidad que tiene cada tipo de suelo para afrontar la erosión en función de las características que presenta. Cuyo valor varía según el tipo de suelo, como lo expresa Ortega (2004), por ello propone un modelo que calcula el índice K, y el valor lo relaciona con la clasificación de suelos propuesta por Soil Survey, (1998), que identifica a los suelos de la manera siguiente:

Suelos A	S	De bajo potencial de escurrimiento, buena permeabilidad, por lo que la infiltración mantendrá valores altos, aún cuando estén húmedos. Pertenecen a este grupo los suelos gravosos, gravo-arenosos y arenosos gruesos.
Suelos B	S	Mantienen moderadas velocidades de infiltración y mayores valores de escurrimiento. En este grupo se consideran a suelos arenosos, limo-arenosos con reducida presencia de materia coloidal.
Suelos C	S	En estos suelos la infiltración es lenta, es frecuente la presencia de material muy fino, mezclados con partículas gruesas. A este grupo pertenecerán los suelos franco-arcillosos y franco-arcillo-arenosos.
Suelos D	S	Estos suelos son los que presentan mayor potencial de escurrimiento. Se considerarán como suelos de este grupo a los de grano fino, que forman capas prácticamente impermeables por lo que la infiltración será muy lenta. En este caso se considerarán a los suelos arcillosos.

Tabla No. 1 – Rango de Variación de K.

Tipo de suelo	Rango de Variación de K
A	0.16-0.23
B	0.10-0.38
C	0.13-0.18
D	0.07-0.12

Un suelo con dominancia de arenas lo clasifica de tipo B. Y los valores de K los obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K = \left(\frac{P_m * B}{1000} \right)$$

K= índice de erodabilidad.

P_m= precipitación.

B= valor por tipo de suelo de acuerdo a la (Tabla 1).

Este índice tiene su relación solo con la precipitación y considerando de que la pendiente y la precipitación modifican la erodabilidad de un terreno en un sitio determinado, este modelo se modifica, con Índice de erodabilidad K_L, por (Roberto Luévano y Karla Olimpia Luévano, 2006), el cual consiste en obtener el producto de la precipitación, pendiente y el coeficiente de escorrentía, el cual obtendrá directamente el volumen de suelo erosionado a partir de las tres variables consideradas, expresado en (gr/m²) y se puede representar mensual o anualmente y se calcula de la siguiente manera:

$$K_L = \frac{\overline{P_m}}{\overline{P_e}} * C_e$$

K_L= Suelo que se pierde por efecto laminar en una zona.

$\overline{P_m}$ = Precipitación media mensual del periodo de retorno (mm) de la estación más próxima.

$\overline{P_e}$ = Valor medio de la pendiente de la zona de estudio (%).

C_e= Coeficiente de escorrentía.

Para determinar el suelo que se pierde por estos tres factores, el valor de KL, se multiplica por el valor medio de la textura para la zona de estudio, de acuerdo para cada mes de precipitación, de esta forma se estima cuanto suelo se pierde por lluvia, pendiente y escorrentía.

Coeficiente de Variación

El aumento de temperatura (T), significa una mayor transpiración biológica de las plantas para mantener su equilibrio interno y mayor evaporación directa del suelo. Ayala (2000) propone que la variación de la precipitación se puede medir con la aplicación del Coeficiente de Variación Cv (desviación standard / media).

Capacidad de campo

El concepto se introdujo por Israelsen y West en 1922 citado por Ayala (2000), para designar el contenido en humedad de un suelo sometido a drenaje libre (después de un riego intenso o fuertes lluvias) durante 48 horas, esencial para determinar el balance hídrico. La capacidad de campo "in situ" Rodríguez y Rodríguez (2002), cuando no se realiza la medición in situ se sugiere tomar como capacidad de campo el valor propuesto por Thornthwaite y Mather (1957) que es de 100 mm (100 litros/metro cuadrado).

Se calculó con el programa Procli Ver 1.0 (2004), desarrollado por la universidad de Huelba España, el modelo de Thornthwaite. La representación del balance hídrico se hará mediante el diagrama bioclimático, o climodiagrama (Figura 1), propuesto por Walter y Lieth (1967), siendo la forma más sintética de mostrar los datos climáticos de una zona determinada, que parte de una propuesta de Gausson (1957) que utilizaba variables fácilmente mensurables como la precipitación y la temperatura, registradas a lo largo del año.

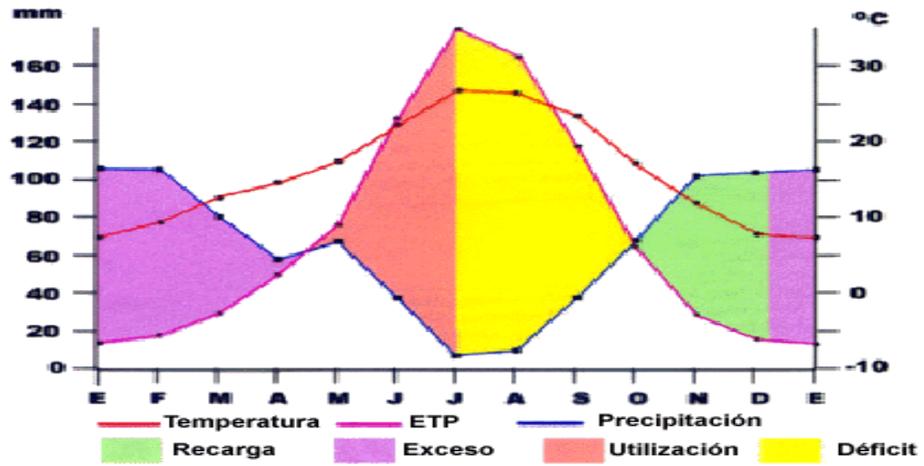


Figura 5.1. Diagrama ombrotérmico y balance hídrico, modelo de Penman-Monteith (1948).

Resultados y Discusión

Características fisicoquímicas del agua y suelo

La composición de las aguas gravitacionales, oscilan la fuerza iónica alrededor de $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}^{-1}$, de dilución, en comparación con las observadas en otras áreas de clima templado, para las que se señalan valores medios de este parámetro en torno a 0.4 mol^{-1} , y de un orden similar a las detectadas en medios más cálidos y húmedos (Adams, 1974; Altman y Dittmer, 1966; Gillman y Bell, 1977). Las aguas de precipitación sufren una importante variación de su estado ácido-base a medida que se introducen en el sistema, el pH medio de la lluvia puede oscilar de 5.2, descendiendo a 4.7 a su paso a través de las cubiertas y a 4.1 al discurrir a lo largo de los troncos, y la obtenida de suelo. A medida que las aguas se infiltran en el suelo se observa una disminución paulatina de la acidez, resultando finalmente un drenaje de salida del sistema edáfico (a 80 cm) con valores medios de pH de 5.4 Gómez y Calvo de Anta (2002). (Gómez *et al.*, 1992; Gómez, 1995; Gómez *et al.*, 2001; Vidal y Gómez 2004), consideran que a gran escala, la litología es la responsable del contenido en sales de las aguas superficiales y subterráneas de las diferentes cuencas de drenaje. Así, las aguas que discurren por cuencas margosas se van enriqueciendo en sales conforme fluyen hacia las zonas bajas donde pueden alcanzar valores medios de 7-11 g/l frente a los 0-1 g/l de las zonas de cabecera. Lo más notable es el incremento de concentración de los compuestos nitrogenados (NH_4 y NO_3) como resultado de los procesos de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, (Alvarez Rodriguez y Calvo de Anta, 1992). En México, son pocos los estudios que se tienen sobre el agua de lluvia y han sido tradicionalmente interpretados como consecuencia de la actividad antrópica en las cuencas. Considerando los resultados obtenidos (Tabla 5.2) de las diferentes muestras de agua, no se obtiene ningún valor por debajo de 4.5, que puede ser considerado como el límite más bajo para aguas naturales (Charlson y Rodhe, 1982), el pH, medio es de 6.3, lo que la clasifica como agua pura.

Tabla 5.2. Análisis de comparativo de la calidad del agua.

Muestra	Iones												
	C.E.	pH	Ca	Mg	Co3	HCO3	Cl	Zn	Cu	Pb	Cd	Mn	Fe
1 ^a	26.5us	7.1	ND	0.01	0	0.75	0.57	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2 ^a	25.5us	6.6	ND	ND	0	0.8	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	0.03
3 ^a	29.8us	7.0	ND	0.04	0	0.65	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	0.03
4 ^a	21.3us	6.8	ND	ND	0	0.5	0.75	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
5 ^b	23.7us	6.2	0.04	0.03	0	0.7	0.57	ND	ND	ND	ND	ND	.01
6 ^c	7.0us	6.1	ND	ND	0	0.95	0.87	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7 ^{c*}	16.5us	4.9	ND	0.05	0	1.0	1.52	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8 ^d	12.5us	6.2	ND	0.06	0	1.1	0.87	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9 ^e	13.6us	5.9	ND	0.04	0	1.0	0.72	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Valores mínimos analizado: Ca < 0.015 mg/l; Mg < 0.003; Zn < 0.013 mg/l; Cu < 0.041 mg/l; Cd < 0.002 g/l; Mn < 0.029 mg/l Pb < 0.10 mg/l Fe < 0.060 mg/l. ND= no detectado.

^a= agua de escurrimientos en las bayas.

^b= agua de nieve localidad en las bayas.

^c= agua de nieve de localidad Anabel 90 km al norte de las Bayas.

^d= agua de nieve localidad ferrería.

^e= agua de nieve de la cd. de Durango a 100 km al norte de la zona de estudio.

^{e*} Esta muestra es tomada de nieve en contacto con la roca.

El CE, con disoluciones inferior a (35 mS cm⁻¹) representa una carga iónica extremadamente baja (Gómez y Calvo de Anta (2002). Los valores obtenidos están entre (7 y 29 mS cm⁻¹). Los iones dominantes son Cl⁻ y Mg²⁺, que representan la carga aniónica y catiónica, respectivamente, Colin *et al.*(1987) consideran estos elementos de origen fundamentalmente marino, y que más del 90% del Mg²⁺ del agua de lluvia tienen este origen, en las Bayas es claro que las lluvias tienen su origen en el océano Pacífico. Las características de calidad del agua son mejores sustancialmente de los datos obtenidos en áreas rurales por (Calvo de Anta *et al.*, 1979b y 1992; Dambrine *et al.*, 2000), lo que confirma que el agua de la zona de estudio es considerablemente

mejor, así como de la poca o nula influencia industrial, no obstante que esperaba contaminada por provenir del océano pacífico, que a su paso por Guadalajara, Jal.

La relación de las propiedades del suelo con el movimiento y almacenamiento de agua es muy compleja, la estimación de la variabilidad de las propiedades físicas de una unidad de suelos es muchas veces inferida cualitativamente a partir de la textura, estructura, materia orgánica o densidad aparente y los suelos forestales contienen elevados porcentajes de elementos gruesos y existe poco conocimiento sobre la influencia que éstos tienen sobre procesos edafológicos e hidrológicos (Pla 1982).

Tabla 5.3. Análisis físico de suelos (textura).

Muestra	Arena	Limo	Arcilla	Clasificación
1	61.88	20.36	17.76	Migajón arenoso
2	59.88	18.36	21.76	Migajón arcilloso arenoso
3	63.88	20.36	15.76	Migajón arenoso
4	53.88	34.00	12.12	Migajón arenoso
5	51.88	35.64	12.48	Migajón arenoso
6	61.88	29.64	8.48	Migajón arenoso
7	72.16	18.72	9.12	Migajón arenoso
8	55.16	23.36	21.48	Migajón arcilloso arenoso
9	61.16	24.00	14.84	Migajón arcilloso arenoso
10	73.52	12.64	13.84	Migajón arenoso
11	71.52	12.92	15.56	Migajón arenoso
12	71.52	12.92	15.56	Migajón arenoso

Clasificación de: Soil Survey, (1998).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 5.3) de su textura y con la clasificación de (FAO/UNESCO 1998), estos suelos corresponden a un suelo de tipo Cambisol Éútrico, dominado por arenas en el horizonte Ao a una profundidad de 0-21 cm; que es donde se obtuvieron las muestras, en húmedo es de color pardo grisáceo muy oscuro, con un 14% de arcilla, 21.91 % de limo y 64.09 % de arena; clasificándose

como migajón arenoso (Soil Survey, (1998), coincidiendo con los estudios realizados por (Fassbender et al. 1979a; Márquez et al., 1994), realizan una análisis granulométrico del suelo en bosque de coníferas, encontrando 82 y 92 % de arenas, respectivamente, lo que limitaría el desarrollo de las plantas y consideran que en suelos con más del 50% de arenas, resultando en un drenaje excesivo y muy baja capacidad de retención de humedad en todo el perfil, esto explica en cierta forma que en poco tiempo después de una lluvia el agua superficial se infiltre, generando pocas escorrentías a pesar de la pendiente tan pronunciada y por consecuencia surgimiento de de agua en las partes bajas.

Tabla 5.4. Características químicas del suelo de las Bayas y especies localizadas.

Muestra	M.O.	P ppm	K meq/100	C.E. us/cm	Ph	Especies creciendo
1 ^{O1}	0.76	8.72	0.97	354	5.3	<i>Pinus durangensis</i>
^{O2}	0.72	9.73	1.21	464	5.2	<i>Arctostaphylos pungens</i>
^{A1}	0.55	8.04	0.96	290	5.3	
2 ^{O1}	10.51	10.81	1.98	230	4.9	<i>Arctostaphylos pungens</i>
^{O2}	29.48	4.01	2.43	300	4.9	
^{A1}	0.9	10.46	3.31	349	5.0	
3 ^{O1}	0.93	3.41	0.57	176	5.1	<i>Pseudotsuga merziasii</i>
^{O2}	3.36	ND	0.66	207	4.8	<i>Arctostaphylos pungens</i>
^{A1}	2.41	ND	0.60	142	4.6	
4 ^{A1}	5.2	6.2	1.19	312	4.8	<i>Pinus lumholtzii</i>
^{A1}	2.9	ND	1.01	324	5.2	<i>Arctostaphylos pungens</i>
^{A1}	2.3	ND	1.04	436	5.6	

A1, O1, O2=Horizontes

Con respecto a las condiciones químicas del suelo (Tabla 5.4), Según (Spurr y Barnes, 1980), los suelos forestales varían de pH en un rango que va de 4.0 (muy ácido) a 6.5 ligeramente ácido, suelos ricos en Ca producen un pH 7.0 (neutro), consideran que la precipitación se incrementa con la altitud, por esto asumen que la acidificación de los suelos es fuerte en altitudes elevadas, la que es causada por fuertes lixiviación y alta precipitación, la que aumenta después de un año seco y temperaturas de 30°C, a este proceso se le puede llamar acidificación climática. Zech (1990) notó una deficiencia de boro en *Pinus caribaea* durante la estación seca. En un bosque de coníferas de Venezuela Barillas (1989) en Márquez (1994), reporta para 1987 una precipitación de 624 mm, y lo caracteriza como un año seco, ya que la media de ese lugar es de 1095mm, estimando un déficit hídrico de 471 mm. Holmquist (1990) reporta en ese sitio la muerte de *Pinus caribaea* atribuible al hongo *Botryodiplodia theobromae*, y (Márquez et al., 1994) consideran que se debe a la baja precipitación, analizan el suelo de éste sitio y encuentran que el pH es de (4.2-4.8), el contenido de materia orgánica (0.2 - 0.7%), fósforo (1.0 - 2.0 ppm), el magnesio (0.17 meq/100g) y potasio (0.04 meq/100g) considerando que son muy bajos, en estudios realizados por De Petre *et al.*, (1999) encuentran que en un suelo de bosque templado la materia orgánica esta en promedio de 53.1%, (Gonçalves 1996) consideran que la productividad y fertilidad del suelo esta determinada por ésta y que es un factor crítico en la reducción de la erosión del suelo, a través de proporcionarle estabilidad al suelo, Gallegos *et al.*, (2001) dan valores para tres especies de coníferas en P (0.21-0.33%) y K (0.34 -0.66), además cita los estándares en acículas reportados por (Landis, 1985) de (0.20-0.60) y (0.70-2.50). con respecto a los datos de las Bayas, en primer término tenemos que la precipitación, que se ha registrado de 966 mm anuales, por otro lado se han registrado cambios importantes en 38 años de análisis (Cap IV Figura 4.9) considerando lo propuesto por Fassbender *et al.*, (1979b) las Bayas, solamente han tenido 6 años con precipitación arriba de los 1000 mm, y por debajo de 600 mm en: (1973,1975, 1989, y 1996), lo cual implica un estrés de grandes dimensiones para esos años, que seguramente ello a contribuido enormemente a la disminución de la diversidad, y regeneración natural baja.

El pH de 5.0 medio obtenido es esencialmente ácido, el más bajo corresponde a las muestras con mayor materia orgánica y el más alto muestras con bajos contenidos, lo que refleja que la acidificación ésta dada por la descomposición de la materia orgánica, y el menos ácido por el intemperismo de las rocas y afloramientos salinos, por los cambios de temperatura, y la materia orgánica con una media 2.8 %, exceptuando la muestra 0², cuyo valor es de 29.8%, de acuerdo con (Moreno 1996) la materia orgánica normalmente representa del 1 al 6%. En lo referente al P, K, (Gonçalves 1996) considera que niveles P mayores de (6-8 ppm) en un suelo no requiere suplementos adicionales y para el K contenidos mayores de (1.5 mg/dm³), no requiere suplementarse y con relación a la materia orgánica valores mayores de (4.0 %), no requiere la adición de N, el contenido de los suelos de las Bayas con respecto a estos elementos están en 7.67 y 1.24 ppm respectivamente, por lo que el P será el único que no requiere suplementarse, sin embargo de acuerdo con Márquez et al., (1994) mayores cantidades de P, es debido a una menor absorción de nutrientes al acentuarse el estrés hídrico, en los suelos con dominio de fracciones gruesas, por lo anterior hace suponer que la precipitación es menor a la requerida, por lo que le área de estudio no es de lo mejor para el crecimiento óptimo de la coníferas, sin embargo será necesario seguir monitoreando sus características y su relación con el crecimiento de las especies que aún permanecen.

Para calcular el balance hídrico, es necesario en primer término conocer los valores de la precipitación y temperatura mensual por un periodo no menor de 7 años, Pérez (2004), así como coeficiente de erodabilidad y escorrentía, para cada mes (Tabla 5.6). Las características que afectan tienen que ver con los dos procesos básicos de la erosión: la separación y el transporte, Paez y Pla (1992) evalúan los métodos propuestos por: (Yoder 1933; Van Bavel 1950; Bryan 1969; Ellison 1982) y concluyen que para medir la erodabilidad, es útil cualquiera de ellos. El índice de escorrentía propuesto por (Ortega, 2004), para una zona arbolada y de bosque, le asigna un valor de 0.10 a 0.20 y Estradé (2004) para la Isla de Margjon, en la Canarias una escorrentía media anual de 3 a 4%. En el presente trabajo éste índice no representa ningún rango, sino valores mensuales, que dependerán del volumen precipitado, así el mes más lluvioso que es julio

su C_e es de 3.40 en cambio para marzo es de 0.19. En un estudio realizado por Durán *et al.*, (2002), en un bosque de coníferas, determinan que la erosión laminar o valor de K_L anual es de 345.4 y 473.4 $\text{gr}/\text{m}^2/\text{año}$ de pérdida de suelo, con una precipitación de 442.1 y 478.9 para los años 1999 y 2000, con relación a éstos autores, los resultados de las Bayas, de acuerdo al volumen de precipitación, y con el modelo propuesto, el valor de K_L sería: de 5602.3, con 62 % de arena, 2078.3 con 23% de limo y 1355.4 con 15% de arcilla, así el volumen total sería de 9036 $\text{gr}/\text{m}^3/\text{año}$.

Tabla 5.6. Valores correspondientes a: pendiente, coeficiente de erodabilidad y Coeficiente de escorrentía.

Meses	Pendiente Máxima	Pendiente mínima	Valores de K_L (gr/m^2)	Valores de C_e mm/mes	Arena K_L % (gr/m^2)	Limo (K_L % (gr/m^2))	Arcilla K_L % (gr/m^2)
Enero	30	8	1.88	1.5	116.56	43.24	28.2
Febrero	30	8	0.53	0.8	32.86	12.19	7.95
Marzo	30	8	0.07	0.19	4.34	1.61	1.05
Abril	30	8	0.11	0.28	6.82	2.53	1.65
Mayo	30	8	0.81	1	50.22	18.63	12.15
Junio	30	8	10.63	2.87	659.06	244.49	159.45
Julio	30	8	25.91	3.4	1606.42	595.93	388.65
Agosto	30	8	23.70	3.36	1469.4	545.1	355.5
Septiembre	30	8	16.55	3.17	1026.1	380.65	248.25
Octubre	30	8	4.87	2.25	301.94	112.01	73.05
Noviembre	30	8	1.88	1.5	116.56	43.24	28.2
Diciembre	30	8	3.42	1.98	212.04	78.66	51.3

K_L = (Coeficiente de erodabilidad), C_e = (Coeficiente de escorrentía).

Con el aumento de temperatura se estima que habrá una reducción media de la humedad del planeta y para toda la Península Ibérica se espera que sea del 17 % para el 2060, similar a la reportada por Mimikou *et al.*, (2000), (Ayala e Iglesias2000; Easterling 2000), consideran que la variabilidad de la temperatura y la precipitación, determinado por el C_v , es indicativo de los sucesos extremos cuando éste aumenta, de la sequía como las inundaciones, respecto a los resultados de la (Tabla 5.7), el valor más

alto de la precipitación corresponde al mes más seco y por el contrario el más bajo al mes más lluvioso. Para la temperatura los meses más fríos tienen los valores más altos y los más calidos los más bajos, contrario a lo que suponen estos autores.

Tabla 5.7. Coeficiente de variación de la precipitación y la temperatura.



PROCLI **Nombre de la estación:** Las Bayas **Precipitación**

Meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
\bar{x}	37.46	19.68	10.46	11.82	24.34	111.13	228.63	211.65	156.63	64.90	37.62	51.80
s	38.90	28.51	18.39	17.93	28.84	59.55	67.27	79.86	80.00	51.02	37.66	49.71
Cv	1.04	1.45	1.76	1.52	1.19	0.54	0.29	0.38	0.51	0.79	1.00	0.96
n° años	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38

Temperatura

Meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
\bar{x}	7.49	8.07	9.63	11.25	13.61	15.31	14.64	14.60	13.78	11.62	9.55	8.46
s	1.74	2.09	2.49	1.65	1.62	1.62	1.35	1.46	1.35	1.79	1.25	1.96
Cv	0.23	0.26	0.26	0.15	0.12	0.11	0.09	0.10	0.10	0.15	0.13	0.23
n° años	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38

\bar{x} = Media aritmética muestral.

s = Cuasi-desviación típica muestral.

Cv = Coeficiente de variación muestral.

Allen et. al., (1998) calculan el balance hídrico cor el método de Thornthwaite, Rogelio (2002) estiman el balance hídrico, para una región de Argentina, aplicando el mismo modelo y Sass y Horgan (2005), estiman la evapotranspiración por medio de sensores, y compran los resultados con el modelo de Penman-Monteith (1948), encontrado el 80% de correlación entre un y otro método, por lo que consideran que este es un excelente modelo para seguir calculando la evapotranspiración, en las (Tablas 5.8 y 5.9), se presentan los valores, del balance hídrico, de las Bayas, apreciándose que el déficit corresponde a los meses de febrero a mayo, siendo éste último el de mayor problema, y los meses de sobrantes son julio a octubre y diciembre, siendo noviembre más seco, por lo que el último mes, juega un papel importante, en prolongar la humedad durante la primavera, la ETP y ETR obtenidas, están muy cercanas entre sí por lo que,

ello implica que a medida que llueve se evapotranspira.

Tabla 5.8. Balance hídrico de las bayas calculado con el modelo de Thornthwaite.


PROCLI

Balance hídrico
(ETP calculada por Thornthwaite)

Nombre de la Estación: Las Bayas **Capacidad de campo:** 100,0 mm

MESES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Tm	7,5	8,1	9,6	11,2	13,6	15,3	14,6	14,6	13,8	11,6	9,6	8,5
ETP	28,1	29,5	42,1	52,5	71,5	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
Ce	1,5	0,8	0,2	0,3	1,0	2,9	3,4	3,4	3,2	2,3	1,5	2,0
P	37,5	19,7	10,5	11,8	24,3	111,1	228,6	211,6	156,6	64,9	37,6	51,8
Res	100,0	90,5	66,0	43,9	27,3	53,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ETR	28,1	29,0	35,1	33,8	40,7	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
D	0,0	-0,5	-7,1	-18,7	-30,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,7	129,0	87,6	12,8	0,0	18,7

Σ ETP = 643,3 mm Σ ETR = 586,2 mm
 Σ D = -57,1 mm Σ S = 352,7 mm

Tm = Temperatura media mensual (°C) **Res** = Reserva de agua del suelo (mm)
ETP = Evapotranspiración Potencial (mm) **ETR** = Evapotranspiración real (mm)
P = Precipitación mensual (mm) **D** = Déficit de humedad (mm)
Ce = Coeficiente de escorrentía directa (%) **S** = Excedente de humedad (mm)

Tabla 5.9. Ficha hídrica de las Bayas.


PROCLI

Ficha hídrica
(ETP calculada por Thornthwaite)

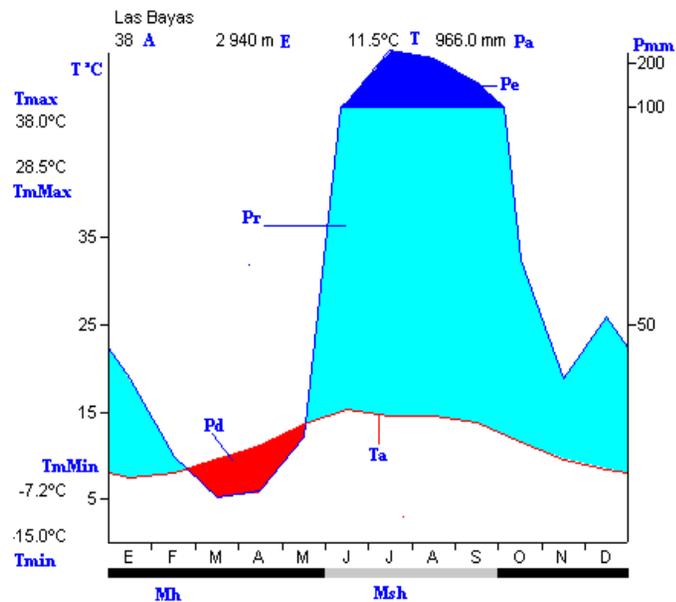
Nombre de la Estación: Las Bayas **Capacidad de campo:** 100,0 mm

MESES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Tm	7,5	8,1	9,6	11,2	13,6	15,3	14,6	14,6	13,8	11,6	9,6	8,5
ETP	28,1	29,5	42,1	52,5	71,5	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
P	37,5	19,7	10,5	11,8	24,3	111,1	228,6	211,6	156,6	64,9	37,6	51,8
Reserv	100,0	90,7	66,1	44,0	27,4	57,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ETRMP	28,1	29,0	35,1	33,9	40,9	81,5	78,8	75,5	64,0	50,6	37,0	32,1
SF	0,0	0,5	7,0	18,6	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DRJ	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,8	136,1	92,6	14,3	0,6	19,7

Σ ETP = 643,3 mm CLIMA MESOTÉRMICO **Ih** = 58,2 CLIMA HÚMEDO
 Σ SF = 56,8 mm Σ DRJ = 379,5 mm Σ ETRMP = 586,5 mm

Tm = Temperatura media mensual (°C) **ETRMP** = Evapotranspiración real máxima posible (mm)
ETP = Evapotranspiración Potencial (mm) **SF** = Sequía fisiológica (mm)
P = Precipitación mensual (mm) **DRJ** = Drenaje del suelo (mm)
Reserv = Reserva de agua del suelo (mm) **Ih** = Índice hídrico anual.

Por otro lado en la (Figura 5.3), se observa con claridad el periodo seco, así como los meses de recarga y sus excedentes, en cambio en la (Figura 5.4), se observa el periodo de agotamiento de la reserva siendo este muy marcado en el mes de mayo, por lo que si en los inviernos deja de llover, la sequía fisiológica se manifestará más fuerte y más tiempo.



A	E	T	Ta	TmMax	Tmin	TmMax	TmMin	Pe	Pr	Pd	Mh	Msh
Años	elevación	media	marcha	máxima	mínima	media de	media de	media de	precipitación	periodo	meses	meses
1963	2000	anual	anual	absoluta	absoluta	máxima	mínima	precipitación	de recarga	seco	con	sin
						anual	anual	anual			heladas	heladas

Figura 5.3. Climadograma de las Bayas calculado con el modelo de Walter y Lieth (1967).

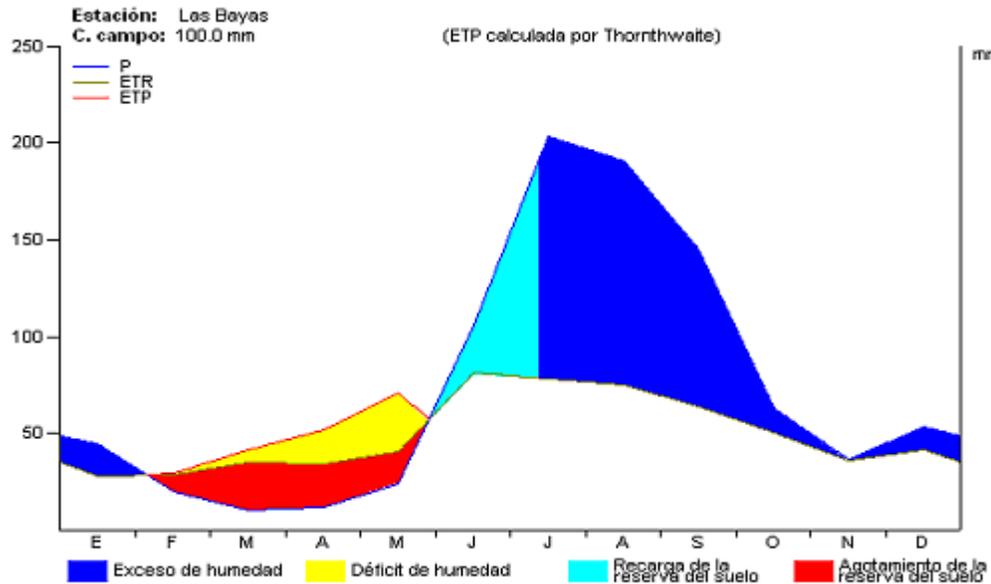


Figura 5.4. Climatograma de las Bayas calculado con el modelo de Walter y Lieth (1967).

Conclusiones

Se puede concluir que la precipitación satisface la evapotranspiración potencial durante 7 meses en las Bayas y 5 meses no mantiene la reserva de agua, esto es la capacidad de campo de los 100 mm, presentándose meses de déficit marcado para los meses de febrero a mayo, lo cual es una limitante para los programas de plantaciones, ya que las plántulas, tienen disponible el agua y temperatura adecuada solamente de julio a octubre y el resto del año descenden considerablemente ambos factores. Por lo cual la planeación de forestaciones debe hacer con estrategias diferentes, en lugar de plántulas llevar juveniles con raíces más grandes, así como tratamientos al suelo con nutrientes para favorecer el rápido establecimiento y evitar que el tiempo afecte o provoque mortalidad elevada, a ése déficit de agua se le debe considerar la textura del suelo, la pendiente, por lo que esto agrava la situación, para la sobre vivencia de plántulas de regeneración natural. Por otro lado la calidad del agua es excelente, en cambio el suelo presenta una calidad deficiente.

8. La alta tasa de deforestación, el modelo de aprovechamiento forestal, que consiste en abrir claros en el bosque, ello aumenta la evapotranspiración potencial y por consecuencia la real, teniendo menos disponibilidad de humedad en los horizontes superiores del suelo, además de tener suelos delgados, explica en parte la ausencia del estrato herbáceo en primavera, así como plántulas de muchas especies de coníferas, por lo que la regeneración natural de este grupo es muy baja. Así de acuerdo los datos de la tabla 23 el agua presenta excelentes condiciones para consumo humano, plantas y animales, por lo que se puede considerar a las bayas una zona de alta calidad, para la fauna, y vegetación tipo de zona templada.

9. En general la calidad del suelo es normal para este tipo de suelos con pH, bajo, sin embargo si continúa la deforestación la acidez puede seguir aumentando y no precisamente por el aporte de la descomposición de la materia orgánica, sino por el intemperismo de la roca, y esto puede afectar a una gran cantidad de organismos, además que las áreas descubiertas alcanzan enormes temperaturas en el verano, la suficiente para que los degradadores de la materia orgánica mueran, y aumente así el material senil de un año a otro, con las consecuencias que ello trae, incendios forestales y la introducción de especies colonizadoras o invasoras, desplazando a las nativas.

10. Por otro lado el tipo de suelo caracterizado en función de su textura, genera una amplia potencialidad de infiltración, y tener poca humedad en los horizontes superiores con pendientes bajas, y que además la zona presenta un madia de 30°, esto también favorece grandemente las escorrentía, llegando en sitios a tener un efecto erosivo elevado, aspecto que se observa claramente en los caminos, que se han realizado para la extracción de la madera.

Literatura citada

- Adams, F. (1974): Ionic concentration and activities in soil solutions. *SoilSci.Soc.Am.Proc.*, 35, 420-426.
- Altman, P.L. y Dittmer, D.S. (1966): *Environmental Biology*. F. Am. Soc.Expt., 507 pp.
- Allen, H.L. and S. Lein. 1998. Effects of site preparation, early fertilization, and weed control on 14-year old loblolly pine. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 51:104-110.
- Appleton E., J Y L. J. Slow (1966). Nutritional disorders and fertilizer trials in *Pinus radiata* stands in Waimea County, Nelson . N. Z. J. For. 11(2); 185-201.
- Álvarez R. E. y Calvo de Anta, R. (1992): Geochemical aspects of aluminium in forest soils in Galicia (NW Spain). *Biogeochemistry*, 16, 167-180.
- Ayala-Carcedo, F.J. e Iglesias, A. (2000). Impactos del posible Cambio Climático sobre los recursos hídricos, el diseño y la planificación hidrológica en la España Peninsular. In Balairón edit., *El Cambio Climático, El Campo de las Ciencias y las Artes*, Servicio de Estudios del BBVA, Madrid, 201-222.
- Barillas Z., I. 1989. Efectos de algunos factores predisponentes en la incidencia del síndrome de muerte súbita del *Pinus caribaea*, en Uverito, Estado Monagas. Tesis de Grado. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. 108 p.
- Bryan, R.B.(1969). The development, use and efficiency of indices soil erodibility. *Geoderma* 2(1): 526. 1968 1969.
- Calvo de Anta, R, González, P.A., Díaz- Fierros, F. (1979b): Nuevos datos sobre la influencia de la vegetación en la formación del suelo en Galicia. III: Aportes por hojarasca, pérdidas por drenaje y escorrentía. Balance de agua y los elementos a través del suelo. *An. Edafol. Agrob.* XXXVIII.
- Calvo de Anta, R. (1992): *El eucalipto en Galicia. Sus relaciones con el medio natural.* Universidade de Santiago de Compostela (Ed.).
- Ceballos A. y S. Schnabel (1997). Comportamiento de la escorrentía superficial en las vertientes de una cuenca hidrográfica en el ecosistema dehesa. Cuenca del Guadalperalén (provincia de Cáceres). Pp. 29-42. *Geographicalia* nº 35
- Colin, J.L., Jaffrezo, J.L., Pinard, J., Roulette-Cadene, S. (1987): Sequential sampling of snow in a rural area. Experimentation and identification of the acidifying agents. *Atmos. Environ.* 5,1147-1168.
- Charlson, R.J. y Rodhe, H. (1982): Factors controlling the acidity of natural rainwater.

Nature vol. 295, 683-685.

- Dambrine, E., Antonio Vega, J., Taboada, T., Rodríguez, L., Fernández, C., Macias, F., Gras, J.M. (2000): Bilans d'éléments minéraux dans de petits bassins versants forestiers de Galice (NW Espagne). Ann. For. Sci. 57, 23-38.
- De Petre A.A, Casermeiro J.R. Spahn E.H. Valenti R.A. (1999) Condiciones edáficas de un Sistema arbóreo Natural en clima templado húmedo Invest. Agr. Sist. Recur. For. Vol. 8 (1)
- Durán Z. V.H.1, A. Martínez Raya¹, J. Aguilar Ruíz (2002). Control de la erosión en los taludes de bancales, en terrenos con fuertes pendientes EDAFOLOGIA, Vol. 9 (1), pp. 1-10.
- Easterling, D. R.; Meehl, G.A.; Parmesan, C. ; Changnon, S.A.; Karl, T.R. and Mearns, L.O. (2000). Climate Extremes: Observations.
- Ellison, W.D. (1948). Soil detachment by water in erosion process. Trans. Am. Geo. Un. 29(4):499502.
- FAO-UNESCO (1990). Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. FAO. Roma.
- Fassnender N., W; J. A. Comerma; P. Brito y F. Salas. 1979a. Retención y disponibilidad de agua en los suelos de las plantaciones de *Pinus caribaea* en el Oriente de Venezuela. Acta Científica Venezolana. 30:577-581.
- Fassbender N., W; J. A. Comerma; P. Brito Y F. Salas (1979b). Estado nutricional de los suelos en la plantaciones *Pinus caribaea* en el Oriente de Venezuela. Acta Científica Venezolana. 30:582-585.
- Gallegos V.P., Navarro C., Alcántara V. (2001). Deficiencias nutritivas en plantas de una savia de tres especies del género *Pinus* sp. en cultivo hidropónico Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 10 (1)
- Gillman, G. y Bell, L.C. (1977): Soil solution studies on weathered soils from tropical.
- Gaussen F. H., (1957), Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie Mai-juin pp193-220).
- Gómez R, M.X, y Calvo de Anta (2002). Datos Para el Desarrollo de una Red Integrada de Seguimiento de la Calidad de Suelos en Galicia: Balances Geoquímicos en Suelos Forestales (*Pinus Radiata*). Edafologia, Vol. 9 (2), Pp. 197-212.
- Gómez, R., Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L.. 1992. Bioavailability of phosphorus in Ajauque stream wetland (SE Spain). Ver. Internat. Verein. Limnol. 25: 1357-1360.

- Gómez, R. 1995. Función de los humedales en la dinámica de nutrientes (N y P) de una cuenca de características áridas: Experiencias en el sureste ibérico. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Gómez, R., V., M.R. y Suárez, M.L. 2001. Importance of the subsurface-surface water interaction in the wetland structure and dynamic in arid and semiarid areas. En *Groundwater Ecology. A tool for management of water resources* (eds. Griebler, C., Danielopol, D., Gibert, J., Nachtnebel, H.P. y Notenboom, J.), pp. 317-322, European Commission-Environment and Climate Programme, Belgium.
- Gonçalves, J.L.M. (1996). Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Documentos Florestais. www.ipef/silvicultura/adubacao.html. 18/08/04. 16 p.
- Hernandez Gil., R (1978). Deficiencia de boro en una plantación de Pinus radiata y Pinus oocarpa situada en el Vergel-Mérida. *Acta Científica Venezolana*. Vol 29 (Suplemento 1):47.
- Hernández, Gil., R. 1989. Nutrición mineral. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales, 81p.
- Holmquist, O. 1990. El síndrome de muerte subita del Pino caribe. *Celulosa y Papel de Venezuela* 3:9-12.
- Lambert m., j y p. j. Ryan (1990). Boron nutrition in Pinus radiata in relation to soil development and management. *Forest Ecology and Management*. 30:45-53.
- Landis T.D., (1985). Mineral Nutrition as an Index of Seedling Quality. En: Duryea, M.L. (Ed.) *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis. pp: 29-38.
- Márquez, O., R. Hernández Gil, W. Franco y F. Visaez (1994) Factores edáficos y estado nutricional de plantaciones de Pinus caribaea en relación a la muerte regresiva, en Uverito, Estado Monagas Venesuelos 2(1):15-18. Volumen 2 Número1 Enero-Junio
- Mattos R. (1999). Pequeñas obras hidráulicas. <http://www.unesco.org.uy/shtml>.
- Mimikou, , M.A.; Baltas, E.; Varanou, E. y Pantazis, K. (2000). Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *Journal of Hydrology*, 234, 95-109.
- Moreno C., J. (1996). Edafología y climatología. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Obra divulgativa sobre las características de los suelos con respecto al clima, 78 pp.

- Ortega H.P. 2004. Métodos Hidrometeorológicos, Universidad de palmas, Gran Canaria , Es. Editorial CA. 36 pp
- Pla, I. A (1982)"Sealing index" to predict problems of soil and water conservation in tropical rainfed agricultural lands. ASAESSASSSA. Annual Meetings. Anaheim, California. USA.
- Penman, H. L. 1948. "Natural evaporation from open water, bare soil and grass." *Proc. Roy. Soc. London*, A193, 120-146.
- Rampanana, L; J. L. Rakotomanana, D. Louppe Y F. Brunck (1986). Dessechement en cime du Pinus kesiya a Madagascar. *Revue Bois et Forets des Tropiques*. 214:23-47.
- Rodríguez F.U., Rodríguez A., J., (2002). Métodos de Análisis de Suelos y Planytas: Criterios de interpretación. Ed- Trillaspp pp. 197.
- Rogelio S. A. (2002). Condiciones ecológicas: Climatología de Olavaria Argentina, <http://www.portaldeolavarria.com.ar/Suelos/Index.htm>.
- Soil Survey Staff (1998): Keys to Soi Taxonomy, eight edition. U.S.D.A., N.R.C.S., U.S. Government. Printing Office, Washington, DC, USA, 326.
- Sass, J., Brian Horgan B. (2005). Evapotranspiration estimation, in situ sensing headline technological advances. <http://www.turfgrasstrends.com/turfgrasstrends/article/articleDetail.jsp?id=156342&pageID=2#>.
- Spurr, S.H. y Barnes, B.V. 1980. Ecología forestal. AGT editor, S.A. Méjico.
- Stone, L Y G. M. Will (1965). Boron deficiency in Pinus radiata and P. pinaster. *Forest Science*. 11(4):425-433.
- Thornthwaite, C.W. (1931). The climates of North America according to a new classification. *Geogr. Rev.* 21: 633-655.
- Thornthwaite C. W, Mather J. R. (1957), Instructions and tables for computing Potential Evapotranspiration and the water balance. *Publications in Climatology*, John Hopkins University. V. 10, No. 3.
- Tolenar, H. (1969). Deficiencia de boro en plantaciones de pino en la zona central de Chile. *Agric Tech*. 29:85-88.
- Turner, J Y M. Lambert (1986). Nutrition and nutritional relationships of *Pinus radiata*. *Ann Rev Ecol Syst*. 17:325-350.

- Vail J., W., M. S. Parry Y W. E. Calton (1961). Boron deficiency dieback in pines. *Plant and Soil*. 14(4): 393-398.
- Van Bavel, C.H. Mean weigh diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Am. Proc.* 14: 20~23.1950.
- Vidal, A., M.R., Gómez, R. y Suárez, M.L. 2004. Los ríos de las regiones semiáridas. *Ecosistemas* 2004/1 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision4.htm>).
- Walter, H. & H. Lieth (1967). *Klimadiagram-Weltatlas*. Fischer, Jena.
- Yoder, R.E. (1936). A direct method of aggregate analysis of soils and a sutdy of the physical nature of erosion losses. *J. Amer. Soc. Agron.* 28:337339.
- Zech, W. 1990. Mineral deficiencias in forest plantations of North-Luzon,Philippines. *Tropical Ecology* 31(1):22-31.

CAPITULO VI

REFLECTIVIDAD DE CONÍFERAS EN IMÁGENES SATELITALES

RESUMEN

El cambio del paisaje de la superficie terrestre por causas diversas, su composición y estructura han estado en la mira de toda la humanidad, se han desarrollado diversas formas para entenderlos y la sensoria remota es lo más reciente y novedoso para tener un conocimiento rápido de grandes extensiones, en este estudio se ha desarrollado un nuevo algoritmo para medir estos cambios, así como identificar valores espectrales de especies de coníferas, utilizando imágenes del satélite Landsat7 ETM+, los resultados muestran un a gran potencial del índice **Ka**, para detectar los diferentes componentes superficiales y su variabilidad debido a efectos naturales o antrópicos, etc.

Key word: coniferous, models, remote sensing, index of vegetation **Ka**.

INTRODUCCIÓN

Los bosques del país aún no han sido inventariados en su totalidad, y generar una clasificación de los estratos vegetales es complicado por estar sujeta a diversos procesos ecológicos, Navratil *et al.*, (1994) y aunado a su composición definida por la diversidad, densidad y distribución de especies, Blackburn *et al.*, (1995) los costos tan elevados por los métodos tradicionales; tales como las evaluaciones de campo en los inventarios, el uso de fotografías aéreas las cuales quedan obsoletas en poco tiempo, debido a las actividades de aprovechamiento forestal. Un método a través de sensores remotos puede proporcionar información estratégica para la planeación y organización de la estructura del bosque, con mayor rapidez y más económicos. Hall *et al.*, (2000), así los programas de forestación o reforestación se pueden encaminar a las necesidades y sitios que lo requieran. La composición de especies y las copas cerradas son factores importantes que afectan la respuesta espectral del bosque o dosel. La riqueza forestal de distintas regiones del país tiene cambios muy continuos por la destrucción de los

bosques y selvas, pronosticándose la desaparición total de ésta biodiversidad. Cortina *et al.*, (1998).

El establecimiento de la vegetación en el estrato inferior del bosque está influenciado por la disponibilidad de semillas y el substrato, Lieffers *et al.*, (1994) así como de factores ambientales como la radiación solar, temperatura del suelo, temperatura del aire, humedad del suelo y atmosférica Groot *et al.*, (1997). La combinación de los factores anteriores es decisivo en el establecimiento y estructura del dosel y el conocimiento de éstos es esencial para generar un sistema de clasificación de cobertura de la tierra Hall *et al.*, (2000).

Desde 1989, el sistema Alberta Vegetation Inventory (AVI) ha generado un índice para mapear bosques, con dimensiones de dos hectáreas Nesby (1997). Este nivel de detalle del estrato no es considerado apropiado para datos de satélite Hall *et al.*, (2000). Las bases para la clasificación de imágenes de sensores remotos, son la determinación de la respuesta espectral de los diferentes elementos o clases contenidos en la cobertura del suelo. A partir del número digital (DN) de las bandas, así el índice de vegetación procede de la relación entre la reflectividad del infrarrojo cercano y el rojo, que da una medida del vigor de la cubierta vegetal. Un ancho de banda inadecuado o la elección incorrecta del número y posición de las bandas conduce a resultados pobres, de la imagen empleada, la que debe hacer una discriminación de la cobertura en cada píxel, al aplicar los índices tales como: NDVI, el SAVI, ARVI, estos tienen como finalidad analizar la vegetación para ello se han usado bandas que leen en el visible de 0.4 a 0.7, μm B1, B2 y B3 y el rojo de 0.7 a 0.9, μm B4, del espectro magnético en Landsat, diversos estudios han demostrado que cada uno de estos índices tienen dificultad para mostrar los valores pequeños. El índice más usado es el NDVI cuyo rango es de -1 a $+1$, (Índice de vegetación de diferencia normalizado), midiendo el verdor de la hoja, éste índice se obtiene a partir de las bandas 3 y 4 para Landsat ETM+, que hasta la fecha se aplica para el análisis de la vegetación, determinado por la fórmula:

$$NDVI = \frac{P_{i,IRC} - R_{i,R}}{P_{i,IRC} + R_{i,R}}$$

donde $P_{i,IRC}$ y $R_{i,R}$, indican las reflectividad del píxel i en la banda del infrarrojo cercano y del rojo.

El valor del NDVI, produce resultados que tienen una valoración relativa y se considera que cuanto más positivo sea el valor mayor vigor vegetal presenta la zona observada. Con la finalidad de evitar los valores negativos o muy pequeños, se han asignado constantes Guyot (1994) de tal forma que los valores obtenidos de imágenes Landsat o Spot con valores de NDVI inferiores a 0.5 tienen un error mayor y se aplica una corrección que haga equivalente el cálculo con DN, a partir de la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{R_{IRC} - 0.801g R_{RI}}{R_{IRC} + 0.801g R_{RI}}$$

Otro autor considera que el resultado puede conducir a problemas de interpretación mayores Chuvieco (1996) y se propone un $NDVI' = (NDVI+1)*125$, considerando que NDVI original varía de -1 a $+1$, al sumarle $+1$ elimina valores negativos y multiplicarlo por 125 se expande el rango de 0 a 250 de lectura en la imagen generada, normalmente su lectura está de 0 a 255 DN.

Con la finalidad de que NDVI se interprete mejor se ha propuesto se le adicione 1 para que el promedio usado pueda obviar los valores negativos y el resultado es multiplicado por una constante para usar los valores de 8- bit, 256 en el gris de la imagen, y se desarrolla la siguiente modificación Dagorne (1990) para el índice de vegetación:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{[(NIR + R) + 1] \times 128}$$

Una clasificación típica de la vegetación es usando métodos supervisados o no supervisados con la imagen de las bandas Ayanz *et al.*, 1996; Wulder, 1998a). Un

método supervisado, incluye el entrenamiento para la obtención de datos y definir las clases de cobertura del suelo, mediante un estudio previo del área Mather(1987), el no supervisado, solo emplea algoritmos estadísticos, para dividir una imagen dentro de un número de bloques espectrales, basados sobre el agrupamiento natural que presentan los datos y el parámetro para conducir la clasificación (Lillesand 1994; Cihlar 2000).

En un estudio de las bandas (Podwysocki 1985) TM5/TM4, se determinó el cociente, para aislar la cubiertas vegetales de la roca desnuda. Por otro lado con el cociente obtenido Vogelmann et al., (1998) de la combinación de las bandas TM5/TM4 y TM7/TM4, evaluaron el daño en bosques de coníferas, se diferenció el bosque deciduo, el suelo desnudo, rocas y agua, permitiendo con ello identificar a la vegetación verde de coníferas y los daños o mortalidad que ocurre en las regiones de alta montaña.

Debido la complejidad para la compresión del valor digital obtenido de imágenes satelitales, de los diversos índices utilizados, en el presente estudio se propone un nuevo algoritmo que esperamos elimine esa dificultad o la minimice, el índice **Ka**, el cual ha sido desarrollado por **Roberto Luévano Escobedo y Karla Olimpia Luévano de la Cruz** en 2003, para el análisis de los componentes de la superficie terrestre, cuya base fundamental es a través del valor digital de la imagen, que es la información base de los sensores remotos, en este análisis y como estudio de caso, se trabaja solamente con las coníferas, obteniéndose con esto los primeros valores o firmas espectrales de este grupo biológico.

Objetivos:

- a) Conocer la relación del valor espectral de coníferas con el **NDVI** y el índice **Ka**.
- b) Determinar el valor o firma espectral las especies de coníferas.
- c) Determinar por medio del índice **Ka**, el cambio de la cubierta vegetal en el área de estudio entre la escena del año 2000 y 2004.

Métodos.

Descripción del área de estudio.

Se localiza en el Municipio de Pueblo Nuevo, Dgo. A 100 km al sur de la Ciudad de Durango $23^{\circ}22'15''$ y $23^{\circ}29'50''$ de latitud norte y los meridianos $104^{\circ}48'45''$ y los $104^{\circ}53'$ de longitud Oeste (carta topográfica F13-b-31 de INEGI), con una superficie de 5068 ha; dentro de la provincia denominada Sierra Madre Occidental y subprovincia de Grandes Mesetas y Cañones Duranguenses. La altura media de la zona de estudio es de los 2700 m.s.n.m., el tipo de suelo dominante es Regosol (Eútrico) asociado con litosol y cambisol con textura media, cubriendo el 88%, litosol asociado a regosol de textura media, cubriendo el 5% y el cambisol con un 7 %. El clima en base a la clasificación de Koeppen, según García (1978) es de dos tipos C(E) (W2), tipo semifrío, subhúmedos con lluvias en verano y C(W2): templado subhúmedo con lluvias en verano. Vientos todo el año, con dirección S, SW, SE, temperatura media anual de 11.2°C , máxima de 24.4°C y mínima de -1.8°C , y con precipitación media anual de 80.8 cm. Luévano *et al.*, (2000).

Método de análisis en campo y laboratorio.

Se utilizan los datos del inventario cuantitativo de las especies de coníferas realizado por Luévano *et al.*, (2001) (Tabla 1), obtenidas mediante un muestreo simple aleatorio en unidades muestrales de dimensiones de 100 x 100 m, analizando a 20 de ellas, mismas que se georeferenciaron en campo con GPS, con esta información se ubicaron en la imagen satelital, en el laboratorio de teledetección de la Facultad de Agronomía, se determinaron sus valores espectrales, en las 6 bandas de la toma correspondiente al año 2000 y de las 7 bandas de la toma del año 2004, del sensor ETM+7 del Satélite Landsat, de fecha del 19 de marzo respectivamente; determinando inicialmente el valor digital de cada unidad para cada banda, y saber cual banda es la que mejor representa la vegetación analizada.

La determinación espectral, se realizó por medio del índice de vegetación normalizado **NDVI** y su valor, se obtuvo con la combinación de las bandas que regularmente se usan para medir éste índice y poder contrastar su resultado con la combinación de la banda TM5, por ser la que más adecuada para ésta vegetación, la fórmula es: $NDVI = (TM3 - TM4) / (TM3 + TM4)$ y $(TM4 - TM5) / (TM4 + TM5)$.

A fin de establecer que el índice **Ka**, usado en el análisis de la vegetación proporciona mejor información que NDVI, se aplicaron las mismas bandas, y sus valores digitales, que al combinarse con la vegetación genera el valor espectral de cada unidad muestral, relacionado con la densidad poblacional. El índice **Ka**, se define como el valor espectral o reflexión de la cobertura de la superficie analizada, relacionada con la densidad de los componentes presentes en la unidad muestral.

El píxel analizado en la imagen tiene una dimensión de 30x30m, y se analizaron 110 de ellos para cada unidad muestral, siendo el equivalente a una ha.

Valor espectral de cobertura superficial, y su relación con las coníferas analizadas.

El valor espectral se determinó con el índice **Ka**, éste índice se sitúa en un valor de (0 a 5). El valor espectral de 0 corresponde a la mayor cobertura o densidad del componente. El valor espectral de 5 se refiere a la menor cobertura o densidad del componente analizada. El valor espectral de **Ka**, permitió medir la relación con las especies de coníferas, se considera que a mayor valor espectral menor cobertura vegetal, el índice se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Indice Ka} = \frac{VD_b}{(Spi)(E_{Ti})} \quad i=1, \dots, n \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

Ka: Es el valor espectral de la densidad de los componentes en el píxel de la imagen. (ejemplo: vegetación, suelo desnudo, rocas, agua, nubes etc.)

i: es el número de sitios o unidades muestrales analizadas.

VD_b = es el valor digital de la banda satelital utilizada, o la combinación de ellas.

E_{Ti} = Corresponde al total de las especies presentes en la unidad muestral analizada.

S_{pi} : Es la suma de todos los individuos de todas las especies en la unidad muestral.

Valor o firma espectral de las especies

La determinación del valor o firma espectral, de los diferentes componentes dentro de la unidad muestral, se obtiene a partir del valor que adquiere V_{s_s} , que se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{s_s} = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n (K_a * m)_i \right\}_s}{I_{t_s}} \quad \text{Ec. 2}$$

donde:

V_{s_s} = valor o firma espectral de la especie.

m: número de individuos de la especie s en la unidad i.

I_{t_s} : es el número total de individuos de la especie s de todas las unidades analizadas.

i: es el número de unidades analizadas.

s: representa la especie seleccionada.

En este estudio como se ha mencionado las unidades muestrales (UM) y la abundancia de las especies del género *Pinus*. La imagen se georeferenció mediante la (carta topográfica y vegetación de INEGI F13-B31), para cada banda por medio de sus coordenadas, las que previamente se determinaron. El programa utilizado para el análisis de las imágenes satelitales fue el Ilwis Ver 3.0.

Resultados y Discusión

Para conocer la relación de coníferas con el NDVI, se generaron las imágenes con las bandas TM3, TM4, además de la combinación con la banda TM5 la cual se utilizó por (García y Pérez 2001) para la diferenciación de gypsoles de la vegetación de coníferas, Los resultados de las Bayas con éstas bandas se pueden ver en la (Figuras 6.1 y 6.2), los valores generados por éste índice, independiente a la banda empleada no permiten analizar si existe relación con la vegetación o con otro elementos de la de la superficie terrestre.

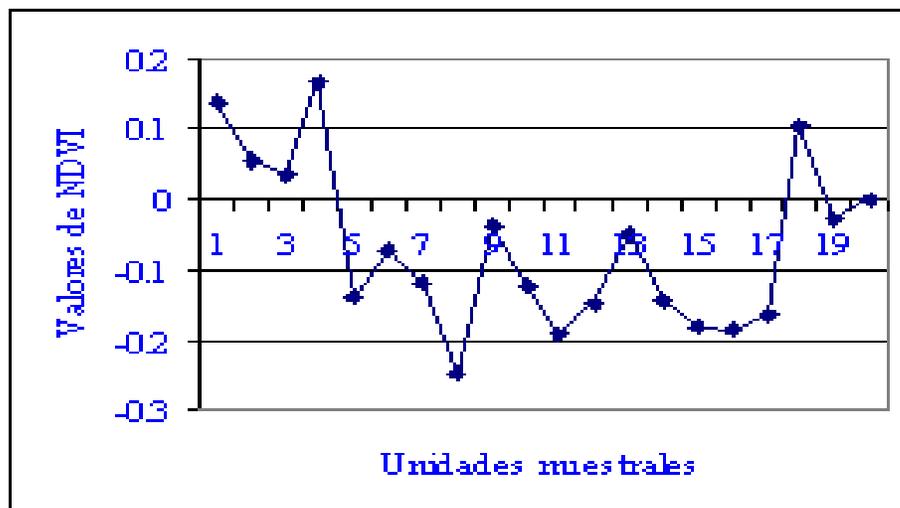


Figura 6.1. Las coníferas cuantificadas, no tienen relación con los valores de NDVI, a partir de de las bandas TM3 y TM4, (ver tabla 1).

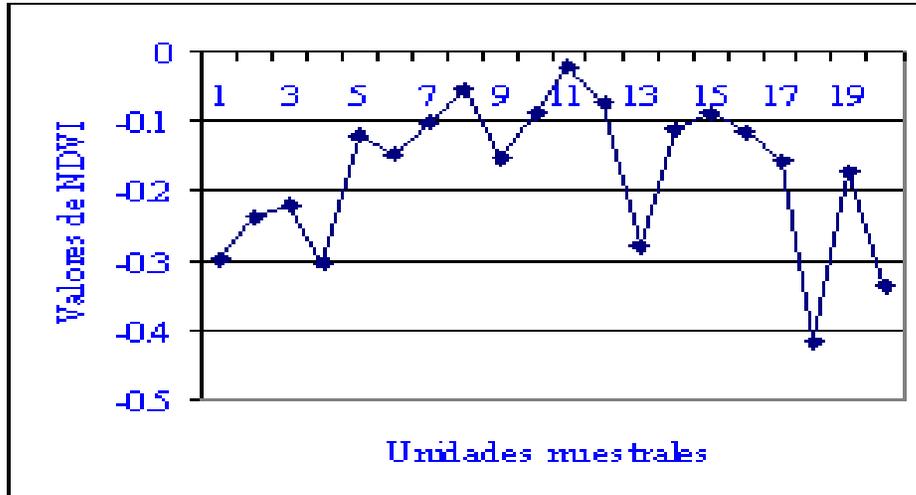


Figura 6.2. Valores de NDVI, con las bandas TM4 y TM5, el índice no tiene relación con la vegetación, independiente a la banda empleada.

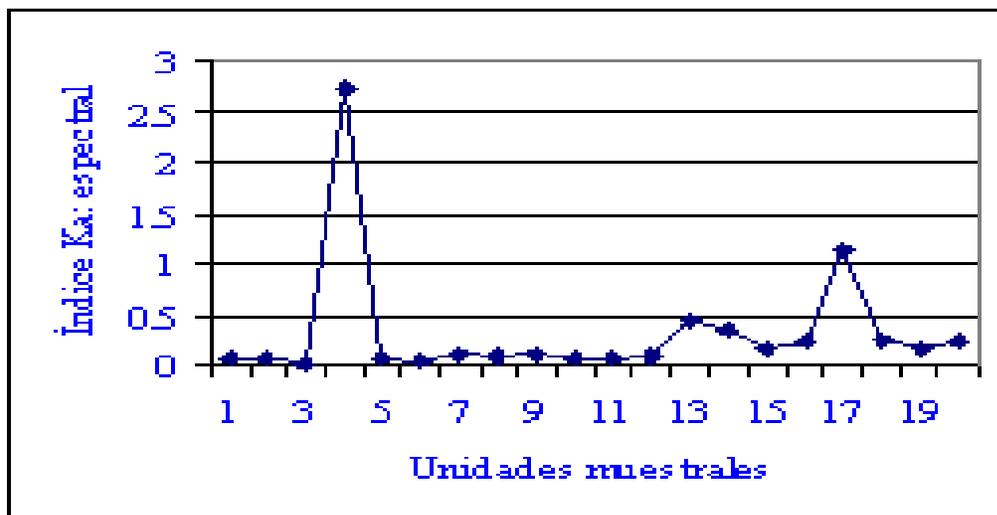


Figura 6.3. Los valores de **Ka**, están relacionados con las coníferas analizadas, imagen de las bandas TM3 y TM4 (ver tabla 1).

El mismo análisis se realiza con el índice **Ka** (Figuras 6.3 y 6.4), se obtiene un alto grado de relación, entre lo que representa la imagen (Figuras 6.7 y 6.8), y los datos de campo. Convirtiéndose así en el primer modelo de clasificación supervisada que diferencia con claridad los elementos de la superficie terrestre, minimizando el problema de aplicar otros modelos más complicados y difíciles de interpretar como lo mencionan (García y Pérez 2001), que aplicaron el criterio de la mínima distancia, por otro lado al

hacer cambios de bandas para ciertos análisis el Índice Ka, se mantiene el principio y la variabilidad de resultados solamente modifican su valor, derivado de la longitud de lectura de la banda, como se puede apreciar con la banda TM5.

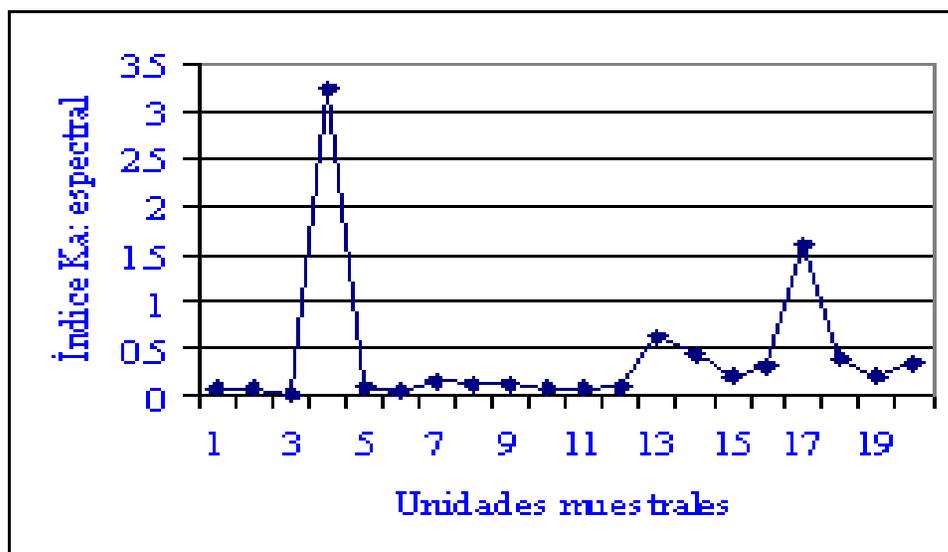
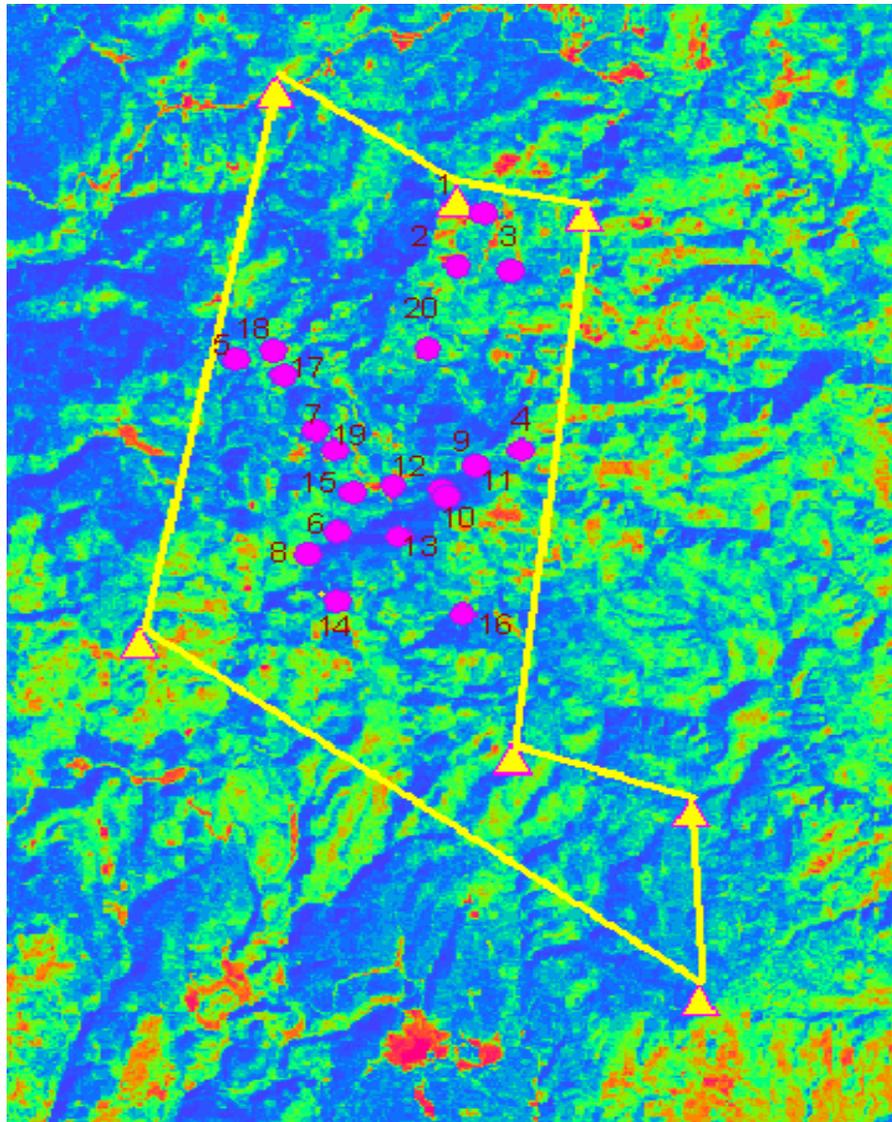


Figura 6.4. Valor **Ka**, con las bandas TM4 y TM5, observe la relación con la vegetación, vegetación analizada (tabla 1).

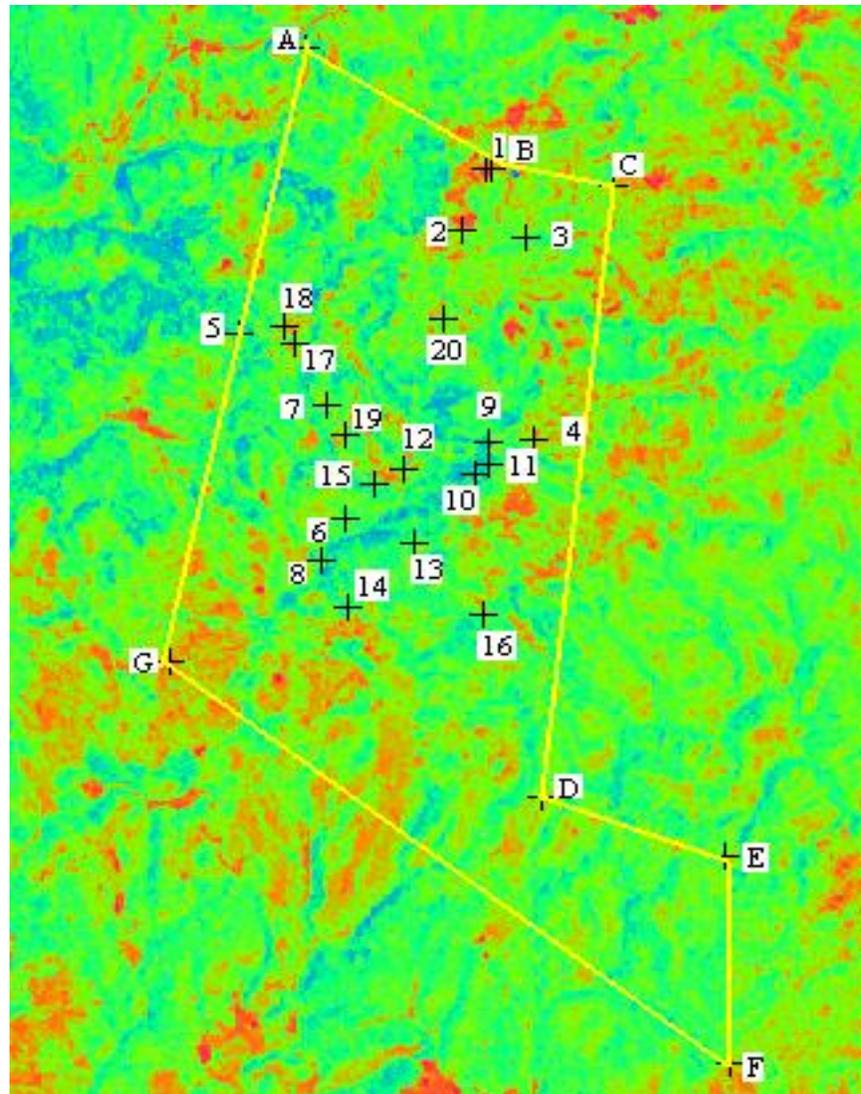
Se esta buscando la mejor forma de identificar los componentes de la superficie terrestre, aplicando imágenes alta resolución, sin embargo el costo es limitante, y ha sido difícil encontrar el algoritmo que separe adecuadamente cada componente superficial, destaca la revisión que hacen en este sentido un grupo de investigadores Henney *et al.*, (2001). Sin lograr aún tal cometido, con el índice **Ka**, aparte de resolver esta problemática de diferenciar adecuadamente los elementos del paisaje, podemos identificar variaciones por mínimas que se presenten, en grandes masas forestales o pequeñas áreas, de tal forma que el impacto después de un incendio, aprovechamientos forestales, se puede medir su cambio de un periodo a otro, como se observa en las (Figuras 6.5 y 6.6), a partir de las imágenes generadas en falso color, para ambos años.



Legenda

- 0.04 Bosque cerrado de coníferas
- 0.08 Bosque abierto de coníferas
- 0.11 Vegetación de matorral
- 0.15 Suelo desnudo
- 0.19 Afloramientos rocosos

Figura 6.5. Unidades muestrales de la imagen en falso color de las bandas 356, del 2000.



Legenda

0.0000	Bosque cerrado de coníferas
0.0579	Bosque abierto de coníferas
0.1158	Vegetación de matorral
0.1736	Suelo desnudo
0.2315	Afloramientos rocosos

Figura 6.6. Unidades muestrales de la imagen en falso color de las bandas 356, del 2004.

Observe que en tan solo 4 años, existe un incremento en K_a , en casi todas las unidades analizadas,(Figura 6.7), éste cambio refleja el efecto de los aprovechamientos forestales, por lo que habrá que cuidar los modelos que se están usando, más que permitir el crecimiento sin competencia, trae consigo daños en el sistema.

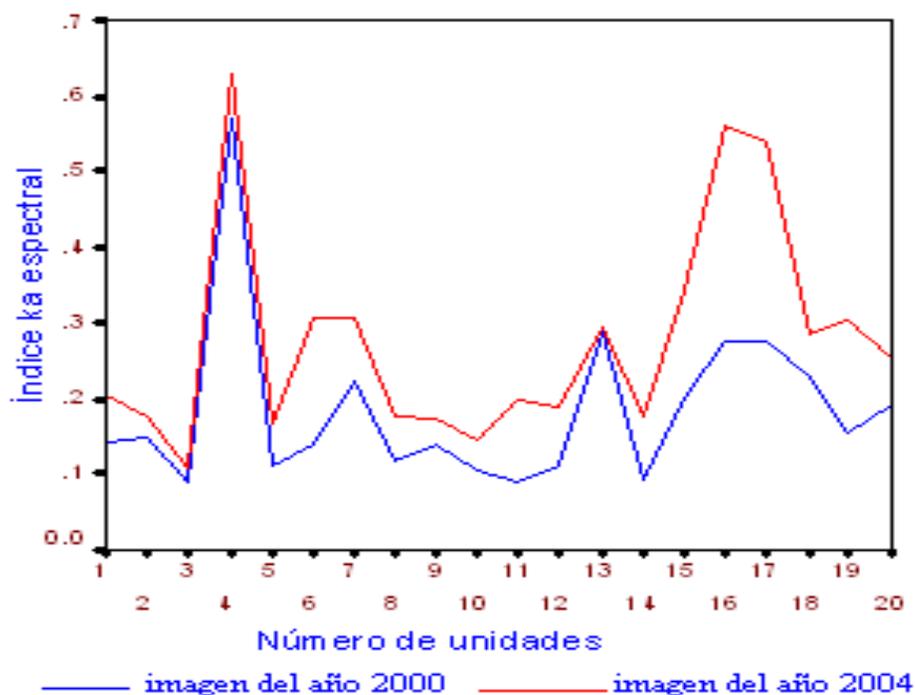


Figura 6.7. Cambios espectrales de la cubierta vegetal obtenidos a través del índice K_a , a partir de los valores digitales, como se observa en las (figuras 7 y 8) para cada unidad analizada.

Aplicando los datos espectrales generados por el índice K_a , se determinó el valor o la firma espectral (Figura 6.8) de las diferentes especies analizadas, por lo que ello permitirá realizar estudios de diversidad, por medio de imágenes satelitales, a medida que se incremente el banco de firmas espectrales.

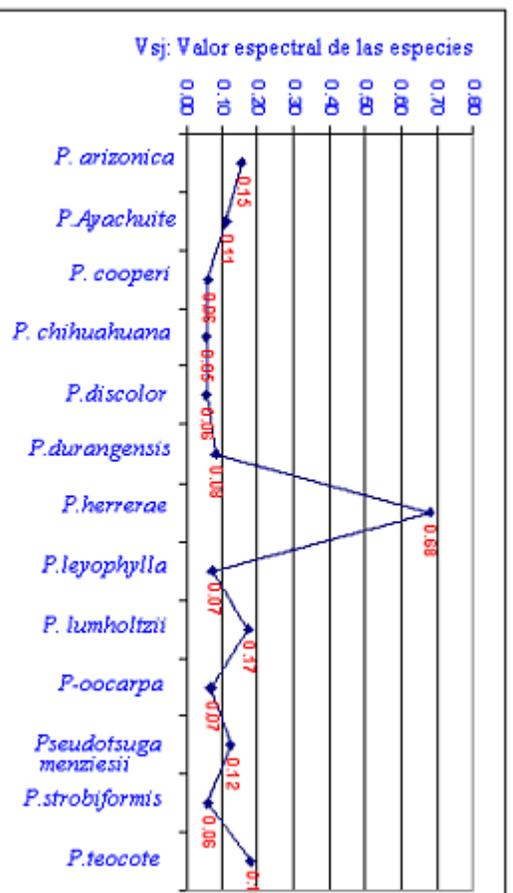


Figura 6.8. Valor o firma espectral de las especies, la especie que más refleja la luz, le corresponde a *Pinus herrerae*. A partir de estos valores, se puede observar la cercanía genética de las especies, ya que aquí no se ve influenciado por su abundancia o su frecuencia, el valor máximo que se puede obtener es de 1.0, imagen de Landsat7 ETM+ del año 2000.

CONCLUSIONES

- a) Las bandas que mejor representan las coníferas son la 356.
- b) El NDVI, no genera información confiable sobre las condiciones de la vegetación, y mucho menos permite diferenciarla.
- c) El índice Ka, refleja con claridad la cobertura del suelo, así como permitir determinar los cambios en análisis temporales.
- d) A partir del valor Ka, es posible obtener el valor o firma espectral de las especies.
- e) El índice ka, abre la puerta para un nuevo concepto de análisis a través de la teledetección.
- f) Se podrá aplicar en diferentes resoluciones espaciales con resultados altamente coherentes y e identificar cambios por mínimos que ocurran.

LITERATURA CITADA

- Ayanz M. J.S. and G.S. Biging (1996). An iterative classification approach for mapping natural resources from satellite imagery. *Int. J. Remote Sens.* 17(5): 957-981.
- Blackburn, G:A: and E.J. Milton (1995). Seasonal variations in the spectral reflectance of deciduous tree canopies. *Int. J. Remote Sens.* 16 (4): 709 – 720.
- Cortina V. Sergio., Macario M.Pedro., Ogneva H. Y. (1998). Cambios en el suelo y deforestación en sur de los Estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas* No. 38.pp 41-56.
- Cihlar, J. (2000). Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *Int. J. Remote Sens* 21 (6/7): 1093- 1114p.
- Chuvieco E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones Rialp. S.A. Madrid pp. 568.
- Dagorne, A., A. Dauphine, G. Escleyne, L. Gueron, L. Baudoin and M. Lenco (1990). Use of aerial and satellite- based remote sensing in multi-sensor, multi-date mode to study vegetation regeneration after fire. *Photo Interp* 5: 48-51.
- Hall R.J., Peddle. D:R: and Klita D.L: (2000). Mapping conifer understory within boreal mixedwoods from Landsat T M satellite imagery and forest inventory information. *The Forestry Chronicle*. Vol. 76. No 6. pp 887- 901.
- Henny M., Cutler M., Fairbairn and Thomson Gillian (2004). *Global Ecology and Biogeography*, (*Global Ecol. Biogeogr.*)(2004) 13, 359–369.
- García E. 1978. *Los climas de México*, UNAM. pp160.
- García M.R. Pérez G. M.E. (2001). Discriminación de gypsoles mediante el sensor ETM+ del Satélite Landsat – 7. *Edafología*, Vol 8 (3)/25, PP 25-36.
- Groot. A., D.W. Carlson. R.L. Fleming and J.E. Wood (1997). Small Opening in Trembling Aspen Forest: Microclimate and Regeneration of White Spruce and Trembling Aspen NODA/NFP Technical Report TR- 47. *Natural Resources Canada, Canadian Forest. Service, Great Lakes Forestry centre Sault, Ste Marie. ON.* 25p.
- Guyot, G. and Gu, X.F. (1994). Effect of radiometric corrections on NDVI determined from SPOT-HRV and Landsat- TM data *Remote Sensing of Environment*, vol 49, pp 169- 180.
- Lieffers, V. J. and J. A. Beck (1994). A semi-natural approach to Mixedwoods Management in the prairie provinces. *For Chron.* 70 (3): 260-264.

- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. (1994). Remote sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons, Toronto, 750 p.
- Luévano E.R., Martinez, A. G., Olivares S.E., De Lira, R.G. Rodriguez F.H, and Ritter O.W (2000 otoño). Determinación de la variación climática en las Bayas: Municipio de Pueblo Nuevo, Dgo. Mex. Memorias de Seminarios Otoño, Fac. Agronomía, UANL. 1-9.
- Luévano E.R., Martinez, A. G., Olivares S.E., De Lira, R.G. Rodriguez F.H, and Ritter O.W (2001 autumn). Las especies de pinos de las Bayas: Municipio de Pueblo Nuevo, Dgo. Mex. Memorias de Seminarios Otoño, Fac. Agronomía, UANL. 31-35.
- Mather, P.M. (1987). Computer processing of Remotely- sensed Images. John Wiley and Sons, New York . N.Y. 352p.
- Navratil S.,L.G. Brace, E.A. Sauder and S. Lux (1994). Silvicultural and Harvesting Options to Favor Immature white Spruce and Aspen Regeneration in Boreal Mixedwoods. Information Report NOR – X – 337. Canadian Forest Service North en Forestry center, Edmonton, AB. 78 p.
- Nesby, R. (1997). Alberta Vegetation Inventory Standards Manual, version 2.2. Alberta Environmental Protection, Edmonton, AB. 150 p.
- Podwysocki, M.H., Power, M.S. y Jones, O.D. (1985). Preliminary evaluation of the Landsat-4 Thematic Mapper data for mineral exploration, en The Earth's Surface Studied from Space, Advances in Space Research (S.G. Ungar Ed.), Pergamon Press, Oxford, pp 13-20.
- Vogelmann, J.E. and Barrett N. Rock (1998). Assessing Forest Damage in High-Elevation Coniferous Forests in Vermont and New Hampshire Using Thematic Mapper Data. Remote Sensing of Environment 24: 227-246.
- Wulder, M. (1998a).Optical remote- sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical parameters. Progress in Physical Geography 22 (4): 449-476.

CAPITULO VII

DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES

El número de especies es función de las tasas de especiación y extinción, que puede llegar al equilibrio. Cuando hay poco alimento disponible, sólo las especies selectivas pueden sobrevivir y por el contrario, cuando abundan los recursos, hay muchas especies exigentes que están especializadas en el consumo de un tipo particular de alimento, de este modo, los ecosistemas que tienen mayor producción de recursos, deberían tener mayor cantidad de especies, lo cual no siempre es así y la mayor diversidad parece encontrarse en un umbral medio de productividad (Lobo, 1993) este patrón de restricciones refleja elementos fundamentales de la coevolución y coexistencia de especies, tal es el caso de los desiertos (Luévano 2002).

Debido a que la diversidad en un contexto ecológico, que comprende dos componentes: variedad y abundancia relativa de especies (Magurran, 1988; McNeely *et al.*,1990), la valoración de biodiversidad del bosque presenta varios desafíos. En la región de las Bayas, las especies con presencia en los tres estados fenológicos de plántulas, juveniles y adultos son: *Pinus Ayacahuite*, *Pinus discolor*, *Pinus durangensis*, *Pinus lumholtzii*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus teocote*, cubriendo un 46% de las unidades analizadas (Cap II. Tabla 2.2). Con respecto a la Biodiversidad el género *Pinus*, es el más representado con 12 especies (Cap II Tabla 2.3), éste tiene el 54%, con relación a las especies que están registradas hasta ahora para el Estado de Durango, por lo cual la localidad es de gran importancia genética. Así la alfa diversidad presenta las localidades frágiles, de tal forma que valores mayores de 0.1 con éste índice, la unidad muestral presenta problemas de disturbio y conservación de la biodiversidad, beta identifique las unidades muestrales con mayor riesgo de perder la biodiversidad, sin embargo valores mayores a 0.05 de éste índice indican un fuerte disturbio, para gamma diversidad el valor crítico es a partir de 0.1, ya generan problemas de conservación de la biodiversidad regional. De acuerdo a los resultados del Índice de Valor de Importancia (IVI) que el máximo valor que alcanza es de 300 %, derivado de la suma de los valores de todas las especies presentes, (Cap II Tabla. 2.9) se observó que las especies con mayor valor son

Pinus teocote con 129.1%, *Pinus durangensis* con 49.6 %, *Pinus ayacahuite* con 29.8 % y *Pseudotsuga mezesii*, con 22.6. Estas cuatro especies suman el 231.1% , restando solamente un 53.9, que se distribuye en 9 especies del total y la suma de todas ellas solo llega a 285 %, por lo que al no alcanzar el total, ya se puede considerar la presencia de disturbio en el sistema, por lo que es un bosque dominado por 4 especies. Los Factores Físicos y Ambientales tiene efectos muy puntuales con las especies, los resultados en la zona de estudio a dichos factores, permite observar el gradiente altitudinal, donde se distribuyen las especies es de los 2693 a los 2 976 m.s.n.m, (Cap II Figura 2.15), siendo *Pinus herrerae*, *Pinus teiocote*, las especies encontradas en la mayor elevación, *Pinus ayacachuite* y *Pinus teocote*, son las especies que ocupan la elevación menor. Para la productividad primaria, Ritter *et al.*, (1988), considera que cuando existen buenas cosechas agrícolas, también se tienen buenos crecimientos en los ecosistemas naturales, sirviendo los primeros como índices o indicadores de la productividad anual esperada en los ecosistemas naturales, de los modelos aplicados, se desprende que las Bayas presenta un productividad de 560 gr/m²/año, quedando en el límite inferior, derivado de la precipitación tan irregular que se presenta. Por lo que al establecer nuevamente la explotación del bosque, habrá que considerar la precipitación entre otros factores, para definir los volúmenes a de madera a extraer.

Los cambios en la vegetación se orientan en la sucesión, ocurren a una escala espacial, a partir de la abundancia y la distribución de las especies que cambian con el tiempo, se sustenta que los disturbios aumentan la riqueza de especies Pickett y White (1984) y consideran que una granizada o la aplicación de fertilizantes genera un disturbio, Factores físicos y climáticos limitan la producción de biomasa en las plantas, tales como: el exceso de humedad, bajas temperaturas y sequías prolongadas, la habilidad de competir de una especie le permite mantenerse en el ecosistema; en espacios desocupados o abiertos, condición que requieren las especies oportunistas para establecerse solas o con otras especies, los muérdagos presentan estas habilidades. Se han medido las siguientes variables, latitud, longitud, elevación, exposición humedad relativa, luz incidente, temperatura y planta hospedera. Así las especies que están siendo mayor mente parasitadas son: *Quercus spp.*, *Cupressus spp.* La variación climática o el cambio climático aún honesta realmente tipificado, cuando es uno y otro, sin embargo el

agua del planeta está teniendo cambios importantes en diferentes regiones, así los datos de humedad del suelo para grandes regiones de Eurasia, en el Hemisferio Sur ha aumentado y la precipitación en Argentina desde 1900 a 1998, en el Ártico es más del 50%. Considerando lo anterior y de los resultados obtenidos en las Bayas, los eventos no se dan en forma aislada, por tanto se puede observar que las lluvias se presentan en los meses de verano (Cap IV Figura 4.5 a, b), gran variabilidad en los diferentes años, muestra periodos muy húmedos, sin embargo, como se puede observar en la (Cap IV Figura 4.6), aún el último siglo es menor la precipitación que en el periodo del final de la pequeña edad de hielo, donde es significativo el volumen de precipitación, (1786-1885), en la (Cap IV Figura 4.8) se aprecia que el periodo de 1900 a 1993, es un periodo de eventos extremos, grandes precipitaciones y sequías, la media muestra ciclos de entre 11 y 15 años, sin embargo cabe considerar que en España se reporta abundantes lluvias en los años 50s, y en esta figura se observa para Durango, sequía considerable, lo mismo en el resto de la República Mexicana. En la (Cap IV Figura 4.10), se analiza la distribución para los meses del año de la precipitación y su relación con la temperatura, mediante una gráfica denominada Termohieta, en la cual se puede ver que la mayor frecuencia de precipitaciones está en 8 meses y que son los de menor precipitación.

El balance del agua en el suelo de las Bayas, indica que los meses críticos corresponden de enero a mayo, y de octubre a diciembre, siendo solamente los meses de junio a septiembre donde se presenta excedente de agua. El pH del suelo en general es ácido, la calidad del agua es óptima para el crecimiento de plantas, no afectando esta la germinación de semillas. Así mismo el Índice Ka, aplicado para medir los componentes superficiales, a través de imágenes de satélite, generó resultados, que permiten determinar la presencia del estrato arbóreo adecuadamente.

CONCLUSIONES GENERALES

El índice de biodiversidad Luevano's, aplicados en este estudio demuestran que el grupo de coníferas en la zona de estudio se encuentra en un alto riesgo, por otro lado es una región de gran importancia genética, dada la alta diversidad identificada de coníferas, ya que tiene más del 50 % de la diversidad estatal, no obstante que la densidad poblacional

de muchas de ellas es muy baja, por lo que se requieren programas rigurosos para su conservación, encaminados a favorecer el aumento de la densidad para la mayoría de especies, de lo contrario, muchas de ellas se pueden extinguir.

El valor obtenido tiene gran relevancia, ya que esto permitirá planear lo aprovechable, con fines de saneamiento, para que tenga una buena recuperación o restauración el bosque de forma natural. Otro factor que puede estar influenciando la baja productividad es la infiltración, pendientes y el tipo de suelo. Finalmente se puede considerar que la altitud es un factor limitante, ya que las especies se centran en un rango de los 2600 a los 3000, y que la temperatura es fundamental para el crecimiento de estas especies, y el aumento que esta teniendo el planeta en general, esta afectando considerablemente estas regiones, podrán generar mayor variación en la temperatura del suelo, provocando una fractura mayor de la roca madre generando un suelo lleno de rocas con poca retención de humedad, aumenta el problema de la permanencia del sistema.

Ruiz de Elvira (2005), considera que la corriente del golfo, puede modificarse o se está modificando, generando un enfriamiento del planeta, donde Europa en 2015 estará bajo hielo y el planeta en general para el 2100, (Steven *et al.*, 2004), encuentran que compuestos orgánicos que contienen carbonos, que se liberan a la atmósfera por la combustión, generan enfriamiento y calentamiento y la diferencia de ambos produce un calentamiento de 1.1 W/m^{-2} . (Hansen *et al.*, 2004; Cook *et al.*, 2005), analizan los glaciares de la antártica y observan un retroceso en ellos, atribuibles a el calentamiento atmosférico, dejando al descubierto grandes superficies marinas, que absorben calor, consideran que de continuar el calentamiento global por efecto de los gases de invernadero, el mayor será el aumento del nivel del mar y puede modificar la corriente del golfo, aumentando el frío en el atlético norte. La clasificación climática de las bayas de acuerdo a los diferentes criterios analizados y en función de su precipitación y temperatura, pertenece a un clima templado húmedo, cuya vegetación dominante es la de un bosque de pino-encino y es justamente la vegetación dominante de esta zona, por lo que a pesar de la alta variabilidad de precipitación y temperatura y los cambios ocurridos mundialmente este clima, aún no ha cambiado, por lo que es necesario hacer una búsqueda más específica de especies bioindicadoras de cambio climático, así como

establecer una red de monitoreo climático en diferentes sitios dentro de esta área, ya que es muy representativa de la regiones de clima templado. La alta tasa de deforestación, el modelo de aprovechamiento forestal, que consiste en abrir claros en el bosque, ello aumenta la evapotranspiración potencial y por consecuencia la real, teniendo menos disponibilidad de humedad en los horizontes superiores del suelo, además de tener suelos delgados, explica en parte la ausencia del estrato herbáceo en primavera, así como plántulas de muchas especies de coníferas, por lo que la regeneración natural de este grupo es muy baja. Así de acuerdo los datos de la (Cap V Tabla 5.2) el agua presenta excelentes condiciones para consumo humano, plantas y animales, por lo que se puede considerar el agua de las bayas una zona de alta calidad, para la fauna, y vegetación tipo de zona templada, en cambio el suelo presenta una calidad deficiente. Las bandas en una imagen satelital de Landsat ETM+ que mejor representan las confieras son la 356. El índice Ka, refleja con claridad la cobertura del suelo, así como permitir determinar los cambios en análisis temporales. A partir del valor Ka, es posible obtener el valor o firma espectral de las especies.