

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de La Producción

Realizar una aproximación dendroclimatológica, en un bosque seco utilizando la especie Guasmo (*Guazuma ulmifolia*) y su relación con la Precipitación y Temperatura en el Período 1974-2007

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y BIOLÓGICO

Presentada por:

Edgar Fabián Sntaxi Aluisa

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2010

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que confiaron en mí, al Director de tesis M.Sc. Edwin Jiménez; al Co-Director Ph.D. Juan Ignacio Valdez profesor del Colegio de Postgraduados de México, por su confianza y amistad; al Ing. Omar Ruiz mi guía estadístico, a Dalila y mi ñaña Meryta fueron mi muleta; al MAP Kléber Morán Director PDPSE; al Ph.D. Mariano Morales y Ph.D. Ricardo Villalba, IANIGLA-Argentina; al Ing. Raúl Mejía, INAMHI-Costa; al Oceanógrafo Rodney Martínez Coordinador Científico del CIIFEN. A mis Profesores y mis amigos, Nataly, Eder, Fausto, Jorge, Rita y compañeros de agropecuaria por creer en mis sueños; a los colegas dendrocronólogos de América Latina que me guiaron. Este es el inicio de algo grande, ustedes son únicos.

“Nunca dejes de luchar por tus sueños.”

DEDICATORIA

A DIOS
A CLEMENCIA ALUISA
A RODRIGO SUNTAXI
A MIS HERMANOS
A MIS SOBRINAS
A MI COACHT JULIO S.
A MI HERMANO WILSON SUNTAXI. (EN PAZ DESCANSE) †
MI AMIGO WALTER OROZCO. (EN PAZ DESCANSE) †
A ANDRES SAMGLIBENI. (EN PAZ DESCANSE) †
AL ING. MARCOS TORRES. (EN PAZ DESCANSE) †

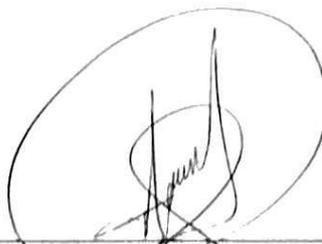
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



M.Sc. Edwin Jiménez R.
DIRECTOR DE TESIS



PhD. Paul Herrera S.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Edgar Fabián Suntaxi Aluisa

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la relación entre las variables climáticas (precipitación y temperatura) y los anillos de crecimiento de los árboles de guasmo en el bosque seco tropical en la finca san Pedro de la comuna Limoncito de la provincia de Santa Elena.

En la metodología utilizada se relacionó el ancho de cada anillo de crecimiento con las variables de clima.

Se utilizaron 10 árboles mayores a 10cm de DAP, de cada árbol se extrajo 4 secciones, en cada sección se trazó 6 radios; obteniendo un total de 24 radios por árbol, de estos se escogieron las 3 mejores series por árbol y se hizo una serie total por árbol, obteniendo de 10 árboles las 10 series y estas se formaron en una serie Total única o promedio

La cronología desarrollada en los árboles de guasmo, a través de los anillos de crecimiento dieron una edad aproximada de 30 años, desde el período 1978-2007. El mejor período replicado en la cronología es entre (1982-1983 y 1997-1998), durante el fenómeno climático El Niño-ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que afectó a la zona con mucha precipitación en 1983 con 2432mm y en 1998 con 3819mm, provocando inundaciones en la región costa de Ecuador.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DENDROCRONOLOGÍA.....	4
1.1. Origen.....	6
1.2. Aplicaciones.....	9
1.2.1 Subdivisiones.....	10
1.3. Valor de la Dendroclimatológica.....	15

1.4.	Restricciones biológicas en la Dendrocronología.....	16
1.5.	Influencia de la temperatura y precipitación en el crecimiento.....	20
1.5.1	Temperatura.....	20
1.5.2	Precipitación.....	21
1.5.3	Anillos de crecimiento.....	22
1.6.	Anillos de crecimiento como indicadores climáticos.....	23
1.7.	Aspectos de la anatomía de la madera.....	27
1.7.1	Estructura del anillado de los árboles.....	27
1.8.	Tipos de madera atendiendo a la anatomía de los anillos...	
1.8.1	Leño con poros en anillo (anular).....	30
1.8.2	Leño con poros difusos.....	30
1.8.3	Leño de tipo intermedio (porosidad semianular / semidifuso).....	30
1.9.	Anomalias en la anatomía del crecimiento radial.....	31
1.9.1	Anillos ausentes.....	31
1.9.2	Anillos falsos.....	32

CAPÍTULO 2

2. GUASMO.....	36
2.1. Origen.....	36
2.2. Distribución Geográfica.....	37
2.3. Clasificación Taxonómica.....	37
2.4. Descripción Botánica.....	37
2.4.1 Forma.....	37
2.4.2 Copa y Hojas.....	38
2.4.3 Tronco y ramas.....	38
2.4.4 Corteza.....	39
2.4.5 Inflorescencia.....	39
2.4.6 Flor.....	39
2.4.7 Fruto.....	39
2.4.8 Semilla.....	41
2.4.9 Sexualidad.....	41
2.5. Parámetros agronómicos para el cultivo.....	41

2.5.1	Clima.....	41
2.5.2	Temperatura.....	42
2.5.3	Precipitación.....	42
2.5.4	PH requerido.....	43
2.5.5	Suelo.....	43
2.6.	Vegetación y Zona ecológica.....	44
2.6.1	Tipo de vegetación.....	44
2.6.2	Vegetación asociada.....	45
2.7.	Aspectos fisiológicos.....	45
2.7.1	Adaptación.....	45
2.7.2	Crecimiento.....	45
2.8.	Importancia del Guasmo.....	46
2.8.1	Efecto restaurador.....	46
2.8.2	Servicio.....	46
2.8.3	Usos.	47
2.9.	Manejo de cultivo de Guasmo.....	49
2.9.1	Labores Culturales.....	49
2.9.1.1	Semilla.....	49

2.9.1.2	Viverización.....	50
2.9.1.3	Propagación.....	51
2.9.1.4	Tolerancia.....	51

CAPÍTULO 3

3.	CONDICIONES Y PRINCIPIOS.....	53
3.1	Condiciones para aplicar Dendrocronología.....	53
3.1.1	Primera condición.....	53
3.1.2	Segunda condición.....	54
3.1.3	Tercera condición.....	54
3.1.4	Cuarta condición.....	54
3.2	Principios básicos de la Dendrocronología.....	55
3.2.1	El principio de uniformidad de la respuesta.....	55
3.2.2	El principio de los factores limitantes.....	56
3.2.3	El principio de agregación de los factores ambientales.....	57
3.2.4	El principio de amplitud ecológica.....	59
3.2.5	El principio del lugar de selección.....	61
3.2.6	El principio de datación cruzada o sincronización.....	62

CAPÍTULO 4

4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
4.1 Localización del ensayo.....	64
4.1.1 Ubicación geográfica.....	64
4.2 Materiales.....	66
4.3 Metodología de la investigación.....	68
4.3.1 Fase 1. Método de Campo.....	68
4.3.1.1 Selección del lugar.....	69
4.3.1.2 Selección de la especie.....	70
4.3.1.3 Extracción de la muestra.....	71
4.3.1.4 Transporte de la muestra.....	72
4.3.1.5 Preparación de la muestra.....	73
4.3.2 Fase 2. Método de Laboratorio.....	74
4.3.2.1 Conteo de anillos de crecimiento.....	74
4.3.2.2 Medición.....	76
4.3.2.3 Graficación de la curva de crecimiento.....	78

4.3.3	Método estadístico.....	78
4.3.3.1	Estadística descriptiva.....	79
4.3.3.2	Análisis de correlación.....	79
4.3.3.3	Regresión lineal.....	79
4.3.3.4	Regresión múltiple.....	80
4.3.4	Metodología para correlacionar los anillos de crecimiento de <i>Guazuma ulmifolia</i> con la precipitación y temperatura.....	80
4.3.4.1	Obtención y sistematización de los datos de precipitación y temperatura..	80
4.3.4.2	Análisis estadístico de Ancho de anillos.....	81
4.3.4.3	Correlación de los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura utilizando el programa Excel.....	82
4.3.4.4	Cálculo de volumen de la especie.....	82

CAPÍTULO 5

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	86
5.1	Aproximación de la cronología de ancho de anillos de la especie <i>Guazuma Ulmifolia</i> comparada con la precipitación y temperatura en el período de 1974 al 2007.....	87
5.2	Cronología de la precipitación y temperatura en la zona.....	90
5.3	Graficación de la curva de crecimiento de cada árbol de guasmo.....	92
5.4	Correlación de los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura.....	93
5.5	Cálculo de volumen de la especie.....	96

CAPÍTULO 6

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
6.1	Conclusiones.....	97
6.2	Recomendación.....	98

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ABREVIATURAS

AB	Área Basal
BS	Bosque Secundario / vegetación secundaria
BT	Bosques tropicales
Cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
CAP	Circunferencia Altura del Pecho
C	Circunferencia del Fuste
CIIFEN	Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño.
DAP	Diámetro Altura del Pecho
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
f	Factor de forma
h	Altura
H	Altura total
h	Longitud de la sección
Ha	Hectárea
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Jul-Jun	Periodo Julio -Junio
IANIGLA	Instituto Ambiental de Nivología y Glaciología
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
L	Longitud
mm	Milímetros
M	Metro
Msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar
m ²	Metros cuadrados
mm ³	Milímetros cúbicos
Max	Máximo
PPa	Precipitación promedio anual
PP	Precipitación
PAGES	Pagés Global Climatic
Sp	Especie

SIMBOLOGIA

Σ	Sumatoria
Π	pi (3.1416)
P	Confianza
A	Árbol
T	Temperatura
%	Porcentaje
R^2	Prueba de Correlación
gl	Grados de libertad
G	Área Basal
F	Factor de forma

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Otros tipos de indicadores paleoclimaticos.....	9
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del Guasmo.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación crecimiento clima.....	24
Figura 2. Madera tardía y temprana.....	25
Figura 3. Distribución natural del <i>guazuma ulmifolia</i> en América Tropical.....	36
Figura 4. Caracterización taxonómica del guasmo.....	40
Figura 5. Reconstrucción de clima-Perú.....	56
Figura 6. Cuando las condiciones son limitantes.....	57
Figura 7. Maximización de la señal climática.....	59
Figura 8. Amplitud ecológica.....	60
Figura 9. Afloramiento rocoso.....	61
Figura 10. Ubicación del área de estudio.....	65
Figura 11. Ubicación de la especie.....	69
Figura 12. Datos de largo de fuste.....	70
Figura 13. Extracción de secciones.....	71
Figura 14. Señalización a lo largo del fuste.....	72
Figura 15. Codificación de la muestra.....	73
Figura 16. Preparación del material.....	74
Figura 17. Trazo de radios.....	75
Figura 18. Medición de ancho de anillos.....	76
Figura 19. Fechado de anillos.....	77
Figura 20. Formula de Smalian.....	83
Figura 21. Volumen del cilindro.....	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
Gráfico 1.	Cronología total de ancho de anillos.....	88
Gráfico 2.	Número de anillos por cada árbol.....	88
Gráfico 3.	Cronología de ancho de anillos con respecto a la precipitación.....	89
Gráfico 4.	Cronología de ancho de anillos y la temperatura.....	90
Gráfico 5.	Distribución de la precipitación anual para el período 1974-2007.....	91
Gráfico 6.	Curva de la temperatura promedio anual.....	91
Gráfico 7.	Crecimiento radial de todos los árboles.....	92
Gráfico 8.	Cronología del árbol #2.....	93
Gráfico 9.	Correlación de la precipitación y las series.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Series de árboles de guasmo.....	87
Tabla 2. Análisis de regresión lineal.....	94
Tabla 3. Coeficientes de regresión.....	95
Tabla 4. Análisis de varianza.....	96
Tabla 5. Tabla de datos de factor de forma.....	96

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE A	FASE 1 DE CAMPO
APÉNDICE B	FASE 2 DE LABORATORIO
APÉNDICE C	DATOS DE ÁRBOL #1
APÉNDICE D	DATOS DE ÁRBOL #2
APÉNDICE E	DATOS DE ÁRBOL #3
APÉNDICE F	DATOS DE ÁRBOL #4
APÉNDICE G	DATOS DE ÁRBOL #5
APÉNDICE H	DATOS DE ÁRBOL #6
APÉNDICE I	DATOS DE ÁRBOL #7
APÉNDICE J	DATOS DE ÁRBOL #8
APÉNDICE K	DATOS DE ÁRBOL #9
APÉNDICE L	DATOS DE ÁRBOL #10
APÉNDICE M	DATOS DE ÁRBOLES GEOREFERENCIADOS
APÉNDICE N	CORRELACIÓN DE PEARSON.

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la relación entre las variables climáticas (precipitación y temperatura) y los anillos de crecimiento de los árboles de guasmo en el bosque seco tropical en la finca san Pedro de la comuna Limoncito de la provincia de Santa Elena.

En la metodología utilizada se relacionó el ancho de cada anillo de crecimiento con las variables de clima.

Se utilizaron 10 árboles mayores a 10cm de DAP, de cada árbol se extrajo 4 secciones, en cada sección se trazó 6 radios; obteniendo un total de 24 radios por árbol, de estos se escogieron las 3 mejores series por árbol y se hizo una serie total por árbol, obteniendo de 10 árboles las 10 series y estas se formaron en una serie Total única o promedio

La cronología desarrollada en los árboles de guasmo, a través de los anillos de crecimiento dieron una edad aproximada de 30 años, desde el período 1978-2007. El mejor período replicado en la cronología es entre (1982-1983 y 1997-1998), durante el fenómeno climático El Niño-ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que afectó a la zona con mucha precipitación en 1983 con 2432mm y en 1998 con 3819mm, provocando inundaciones en la región costa de Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Los árboles mantienen un ciclo anual compuesto por un período de crecimiento (invierno) y un período de latencia (verano). Por norma general, todas las reservas alimenticias de la planta que no son utilizadas en el mero hecho de sobrevivir, sirven para propiciar incrementos en el crecimiento; por tanto, puede entenderse el crecimiento de los árboles como una expresión del exceso de fotosíntesis, función que depende de las condiciones ambientales de cada año. (14)

A nivel regional la temperatura disminuye con el incremento de la altitud, pero a nivel local esta es influenciada significativamente por el origen y dirección de los vientos (y cercanía de los nevados). La precipitación puede ser abundante en las estribaciones y es frecuentada por la niebla persistente, los patrones estacionales de lluvia pueden variar de una cuenca a otra ya que están fuertemente influenciados por los patrones climáticos de la costa o de la región amazónica. (17)

La característica bioclimática de la región costa del Ecuador son muy particulares, por la presencia de una diversidad de microclimas, dentro de los cuales existen rangos de fluctuaciones de los principales parámetros climáticos, como la precipitación y la temperatura entre un sitio y otro, generando la influencia directa en el proceso fisiológico de las plantas.

Los anillos de crecimiento son indicadores paleoclimáticos y ecológicos de factores locales o regionales, eventos que tienen influencia en el crecimiento del árbol. Al reflejar las influencias ecológicas, son de gran utilidad para establecer patrones de crecimiento geográfico y temporal.

Los anillos de crecimiento de los árboles constituyen una fuente de información para diversos estudios científicos ya que, a pesar de no alcanzar edades espectaculares, tienen la suficiente longevidad en la mayoría de los casos para llevar a cabo la realización de estudios dendrocronológicos (14) ; En el caso del guasmo la formación de sus anillos son más visibles, siendo más factible su estudio.

Considerando que en los últimos años el comportamiento de las variables climáticas, ha registrado fluctuaciones por encima de lo normal, provocando la alteración en la dinámica de crecimiento de los bosques.

Por ese motivo y debido a los escasos estudios dendrocronológicos en la región costa del Ecuador, sobre la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento de los árboles se considero importante el desarrollo del tema: "Realizar una Aproximación Dendroclimatológica, en un Bosque Seco

utilizando la especie Guasmo (*Guazuma Ulmifolia*) y su relación con la Precipitación y Temperatura en el período 1974-2007”.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Realizar una aproximación Dendroclimatológica, en un Bosque Seco utilizando la especie guasmo (*Guazuma ulmifolia*) y su relación con la precipitación y temperatura en el período 1974-2007

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar una cronología de ancho de anillos de la especie *Guazuma ulmifolia* a partir de muestras colectadas en Limoncito, finca San Pedro.
- Relacionar los anillos de crecimiento de *Guazuma ulmifolia*, con la precipitación y temperatura en el período 1974 -2007.

Hipótesis de trabajo

Determinar si existe relación entre las variables del clima (precipitación y temperatura) y los anillos de crecimiento del árbol de guasmo proveniente de la finca San Pedro situado en la comuna Limoncito Provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO 1

1. DENDROCRONOLOGÍA

Es la ciencia que estudia los anillos anuales de crecimiento de los árboles, analizando su estructura e investigando la información registrada en ella para aplicaciones a cuestiones ambientales e históricas.

La anatomía de la madera puede ser útil en actividades e indagaciones dendrocronológicas. Especialmente en la zona templada, la historia de la vida de un árbol está grabada en la estructura de su madera y si su crecimiento es estacional, puede constatarse claramente gracias a la distribución de sus anillos de crecimiento. Sobre esto muy pocos estudios se han realizado con material leñoso tropical.

Es bien conocida que la edad aproximada de un árbol de un bosque de zona templada puede determinarse por el conteo de los

anillos de crecimiento en la parte baja del tallo. Por otra parte se conoce menos que detalles de anillos anchos y estrechos pueden compararse entre árboles para establecer el año exacto en el cual los anillos fueron formados.

La misma clase puede hacerse entre fragmentos de madera de edad desconocida y los anillos de árboles vivos a fin de establecer la fecha cuando el fragmento fue parte del árbol vivo, en crecimiento. Así los anillos de los árboles pueden ser usados para establecer el año en el cual un evento se realizo.

La ciencia que trata de la reconstrucción del clima pasado mediante el uso de los anillos se llama dendroclimatología, la cual es una rama de una disciplina más general denominada dendrocronología. (19)

Esta reconstrucción del clima pasado es lograda mediante los siguientes pasos:

1. Comparando los registros meteorológicos modernos con las anchuras de los anillos de los árboles producidos durante el mismo período de tiempo.

2. Estableciendo una ecuación estadística que relacione a estos 2 factores.

3. Sustituyendo las anchuras de los anillos fechados en la ecuación a fin de obtener una estimación estadística del clima de los años previos.

Así, las estimaciones de clima a partir de los anillos de árboles pueden complementar las informaciones meteorológicas y dar una información valiosa para períodos y áreas donde no existe información meteorológica. Sin embargo a pesar de lo simple que aparenta ser el principio de reconstrucción, las variables biológicas, estadísticas y muchas relaciones complicadas deben ser comprendidas para elaborar reconstrucciones precisas.

Cuando los principios y técnicas son aplicados debidamente, el análisis dendroclimatológico puede resolver una variedad sorprendente de problemas encontrados en muchos campos de la investigación.

1.1. Origen.

La palabra dendrocronología proviene del griego

Dendros= que significa árbol:

Cronos= tiempo

Logos= ciencia o conocimiento

Etimológicamente es la ciencia de datar o fechar (determinar la edad) árboles.

El fechado preciso de los anillos de crecimiento de un árbol comenzó a ser desarrollada a inicios del siglo XX por A.E.Douglass (Fritts, 1976; Jacoby, 1997). En 1937, Douglass, fundó The Laboratory of the Ring Research, en la Universidad de Arizona, Tucson, EEUU. Hasta la década de los sesenta, los estudios dendrocronológicos eran realizados solo en pocos laboratorios en Norteamérica y Europa, siendo aplicada principalmente al estudio del clima y la arqueología (19).

La Dendrocronología ha hecho aportes trascendentales a la ciencia. Entre ellos, se cuenta las reconstrucciones climáticas de los últimos milenios, las que has sido un valioso input para los modelos de cambio global (e.g.Lara y Villalba, 1993; Roig *et al*, 2001; Le Quesne *et al.*, 2006) (19).

Dos hechos permiten que el estudio de los anillos de crecimiento se haya podido realizar en especies leñosas de zonas templadas.

Primero la formación del anillo es rítmica y generalmente se corresponde con años calendario, garantizando el control temporal de procesos como crecimiento y mortalidad. Segundo, el árbol es un sensor e integrador de estímulos ambientales que afectan sus funciones fisiológicas e incorpora esa información en la estructura de sus anillos. Por ello, series de crecimiento radial constituyen verdaderos bancos de datos naturales que contienen información ecológica e histórica de largo plazo (Kitzberger *et al.*, 2000) (19).

La dendrocronología aprovecha parámetros mensurables de la estructura del anillado de los árboles, fechando el año exacto de su formación, para deducir condiciones medioambientales del pasado, tales como el clima , plagas , incendios forestales, actividad volcánica, contaminación ,etc.(Kaennel y Schweingruber,1995);algunas de estas características se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Otros tipos de indicadores paleoclimático

Extensión en el tiempo de los registros paleoclimáticos		
Tipo de archivo	Unidad	Extensión
Glaciales de latitudes medias	Año	10.000
Anillo de árboles	Año	14.000
Depósitos de coral	Año	100.000
Capas de hielo polar	Año	100.000
Sedimentos en lagos	Año	1.000.000
Rocas sedimentarias	Año	10.000.000
Fósiles de polen	10 años	10.000.000
Sedimentos oceánicos	100 años	10.000.000

Fuente: wdc.cricyt.edu.ar7/paleo/es/primer.html (35).

La Dendroclimatología constituye una disciplina específica que permite extraer y seleccionar la información de carácter climático contenida en la variabilidad de los datos dendrocronológicos (14).

1.2. Aplicaciones

La dendrocronología convoca la atención de especialistas en estudios de productividad forestal, reconstrucción de la variabilidad climática, evaluación del incremento de CO₂ atmosférico, contaminación, fechado de maderas

arqueológicas, incidentes de ataques de insectos, movimientos de suelo, etc.

1.2.1 Subdivisiones.

Dada esta diversidad de aplicaciones de la dendrocronología las ramas de esta ciencia también son diversas (Kaennel y Schweingruber, 1995).

Dendroarqueología

Campo de la dendrocronología que utiliza anillos de los árboles fechados para investigaciones arqueológicas.

Fue una de las primeras aplicaciones de la dendrocronología, por ejemplo para determinación del periodo exacto de cuando un árbol fue derribado, transportado, trabajado y usado en la construcción de edificios u objetos arqueológicos

Dendropirocronología

Para investigar y fechar la dinámica de los incendios naturales de antes y de ahora (4).

Dendrovulcanología.

Información de erupciones volcánicas en el pasado.

Dendroentomología.

El uso de anillos de árboles para reconstrucción del nivel población pasada de insectos (11).

Dendroecología

Es la rama de la dendrocronología que utiliza anillos de los árboles para estudiar problemas ecológicos y ambientales. Por ejemplo, para examinar los factores que influyen en el ecosistema; el cambio de crecimiento derivado del aumento del CO₂ del último siglo, las interrelaciones de los árboles entre sí, como competencias, estructura de edades, relación edad/diámetro, mortalidad, etc. Así también, fenómenos relacionados a la dinámica de los bosques como infestaciones con insectos, aparición de determinadas plagas, aumentó de población de animales que comen o ramonean parte de los árboles, efectos de la actividad humana, etc. (11).

Son subcampos de la Dendroecología los siguientes:

a.) Dendroclimatología

Para investigar el clima de antes y de ahora, el clima es uno de los factores que más fuertemente afecta el crecimiento de los árboles.

En los años en que la cantidad de precipitaciones y temperatura es adecuada el árbol crece relativamente más y el anillo correspondiente será relativamente más ancho. A la inversa, en los años en que el clima es particularmente severo, el árbol crece menos, produciendo anillos estrechos.

Si medimos entonces el ancho de los anillos tendremos una serie que representara de alguna manera el comportamiento del clima en la zona (11).

b) Dendrohidrología

Para investigar y fechar la dinámica del entorno acuoso; cambios en la hidrológica del sitio, cambios en el curso de un río, inundaciones periódicas, crecida, cambios en el nivel de lagos,

endicamientos de ríos y cambios en los procesos erosivos de sus márgenes (11).

c) Dendrogeomorfología

Para fechar los procesos de las superficies terrestres; movimientos del suelo como hundimientos, deslizamientos de tierra, cambios de pendiente, caída de rocas, avalanchas de barro, erosión del suelo al nivel de raíces, etc. La dendrosismología es un subcampo de la dendrogeomorfología.

Las aplicaciones de la dendrocronología en la geología se basan en que los anillos de crecimiento de árboles cuya formación se ha visto afectada por procesos geomorfológicos representan una fuente de información muy valiosa para reconstruir, cronológicamente, los cambios morfológicos acontecidos en el paisaje regional. (Villalba, 2000) (11).

d) Dendrosismología

Los efectos de sismos y terremotos que registran los árboles, se evidencian por los daños físicos que producen tales eventos.

Así tenemos que en los anillos de crecimiento se presentan anillos ausentes, rupturas en la superficie o fraccionamientos.

Por otro lado, las dislocaciones que sufren las capas producen daños en la estructura del árbol, como resquebrajamiento de las raíces, regiones de tensión, inclinación del árbol, etc. (36).

e) Dendroglaciología

Para investigar y fechar la dinámica de los glaciares de antes y de ahora; cambios en el frente de los glaciares, tanto por avance como por retracción, avalanchas, daños producidos por nevadas extraordinarias (11).

f) Dendroquímica –Dendroisotropía

Investiga cuestiones químicas en la estructura del anillado de un árbol, especialmente metales pesados, contenido isotópico, etc.

Tiene especial desarrollo la dendroisotropía que determina y analiza el contenido isotópico en la celulosa de la madera.

1.3. Valor de la Dendroclimatología

Los anillos de los árboles tienen características las cuales las convierten en una valiosa y excepcional fuente de información paleoclimática. Entre estas propiedades están:

La anchura de los anillos es fácilmente medible por una secuencia continua de años, y estas medidas pueden ser calibradas con datos del clima.

Los anillos pueden ser fechados para los años específicos en los cuales ellos fueron formados, de manera que la información climática es precisamente ubicada en el tiempo.

Son pocas las otras fuentes de información paleoclimática que pueden ofrecer tanta continuidad como fechado preciso

y pocas pueden ser replicada y cuantificada tan fácilmente como los anillo de los árboles (36).

Los datos de los anillo pueden ser usado para reconstruir las variaciones anuales en clima que ocurrieron antes del intervalo cubierto por mediciones climáticas directas.

Estas reconstrucciones pueden ampliar el registro climático hacia atrás en el tiempo y aumentar su extensión suficientemente para mejorar las estadísticas existentes sobre variación climática. Tales aportes podrían ayudar a pronosticar mejor los posibles cambios climáticos futuros así como también entender mejor los del pasado (36).

1.4. Restricciones biológicas en la Dendrocronología.

El enlace entre clima pasado y ancho de anillo ocurre porque el crecimiento de la planta es afectado por ciertas condiciones en el ambiente del bosque. Un gran número de estas condiciones varían a través de toda la vida de una planta, y a veces ellas pueden limitar el crecimiento y afectar la forma de muchas estructuras vegetales (36).

Las condiciones limitantes específicas las cuales pueden afectar el crecimiento de la planta pueden ser clasificadas en factores externos e internos. Alguno de los factores limitantes externos más importantes son agua, temperatura, luz, dióxido de carbono, oxígeno y minerales del suelo. Algunas de las condiciones limitante internas son reservas nutritivas, minerales reguladores del crecimiento, enzimas y agua. (36).

En realidad el nivel de los factores internos es a menudo un resultado de factores externos que fueron limitantes en un tiempo previo en la vida de la planta. Interacciones complejas pueden ocurrir entre los factores externos, condiciones internas, procesos fisiológicos y crecimiento, pero pocas de estas interacciones has sido estudiadas adecuadamente (36).

Hay una considerable carencia de comprensión, especialmente de la relación entre árboles de gran tamaño y su ambiente. La mayor parte de nuestro conocimiento ha sido obtenida por experimentación de laboratorio sobre

plántulas o plantas relativamente pequeñas crecidas en cámaras de ambientes controlados, invernaderos, o plantaciones y las mediciones no pueden reflejar con precisión los mismos procesos como ocurren en los árboles en el complejo ambiente natural (36).

A pesar de los límites de nuestro conocimiento y las complejidades obvias en los sistemas biológicos, sin embargo hay muchas inferencias válidas que pueden hacerse usando las informaciones existentes acerca de factores ambientales, condiciones internas, y estructura de plantas (36).

En años recientes las capas de crecimiento o anillos en las plantas xilémicas han sido estudiadas con este enfoque y usadas para hacer muchas inferencias acerca de las condiciones dentro de las plantas y sus ambientes que las rodean. Estas capas de crecimiento son en realidad, envolturas de células que aparecen como anillos concéntricos en una sección transversal del tallo (36).

Sin embargo, no todos los anillos son incrementos de crecimiento anuales distintivos. Algunas veces cuando los factores son altamente limitantes, el crecimiento no puede iniciarse y ningún anillo es producido. Otras veces, un período de esfuerzo (una alteración) que ocurre en la mitad del período de crecimiento puede producir 2 o más capas de crecimiento formadas en el lapso de un año particular (36).

Cuando se presenta la posibilidad de que ningún anillo ha sido formado en algunos años y más de un anillo puede haber sido producido en otros años, un simple conteo desde afuera hacia el centro del tallo obviamente no puede ser usado para determinar el año en el cual cada anillo fue formado, así el fechado superpuesto (crossdating) con otros especímenes es necesario (36).

Hay muchas especies, áreas geográficas y ejemplos donde la dendrocronología y sus subdisciplinas relacionadas no pueden ni debería ser aplicada porque las características de los anillos de los árboles no pueden ser o no han sido

fechados u ofrecen poco contraste estructural de un anillo a otro (36).

1.5. Influencia de la temperatura y precipitación en el crecimiento.

La vegetación sufre cambios favorables o desfavorables en su desarrollo y dentro del clima, los factores que tienen mayor influencia sobre el aspecto fenológico son la temperatura y la precipitación.

1.5.1 Temperatura.

La temperatura es el elemento climático que refleja el estado energético del aire, el cual se traduce en un determinado grado de calentamiento, indica el grado de calor o frío sensible en la atmósfera. Los rayos del sol calientan más de una superficie plana cuando actúan perpendicularmente a esta, ello ocurre a la latitud del Ecuador y va disminuyendo a medida que se avanza en latitud hacia los polos, donde llegan a ser rasantes con respecto a la superficie. Es por ello que el calor disminuye del Ecuador a los polos (4).

Pero si bien es cierto que el descenso latitudinal de la temperatura es una realidad, también hay que considerar las distorsiones producidas por la distribución de los continentes y los océanos. La mayor inercia térmica del agua determina que los océanos se calientan y enfríen dos veces más lentamente que los continentes. Esto explica el efecto termorregulador de los océanos en los climas costeros, nunca tan extremados como los continentes (4).

Éste factor climático incide de forma determinante en el desarrollo y distribución de las plantas, la acción combinada de la temperatura y la humedad influyen en la forma de crecimiento y en modo de vida de las especies (1).

1.5.2 Precipitación.

Las precipitaciones denominadas orográficas tienen lugar principalmente en la región montañosa y proviene del movimiento vertical de la atmósfera.

Este fenómeno de deslizamiento del aire frío por lo fuertes declives del relieve brinda la ocasión a las masas de aire caliente cargadas de humedad de ascender hacia regiones atmosféricas más altas en donde halla núcleos de condensación. Esto se debe a que la atmósfera se va enfriando conforme se sube en altura, a medida que vaya subiendo cada 100 mt disminuye 0.6 °C de temperatura (7).

La precipitación se define como la cantidad de agua que cae en una zona determinada, ya sea en forma de llovizna, lluvia, nieve, granizo, rocío o escarcha. En climatología es de sumo interés el estudio de las precipitaciones por sus características biológicas. De la cantidad y el régimen de precipitaciones depende la formación de bosques y suelos, la descomposición de las rocas, la erosión, etc. (4).

1.5.3 Anillos de crecimiento.

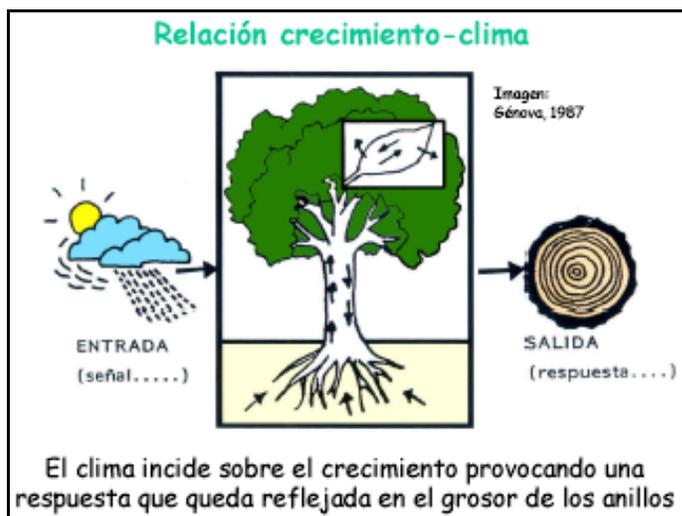
Los árboles registran información sobre los ambientes del pasado y el clima en su crecimiento. Esta información se refleja en el ancho de sus anillos,

densidad y composición isotópica. Los árboles pueden crecer durante centenares o miles de años y pueden contener archivos del clima durante siglos o milenios (4).

Los anillos anuales de un árbol permiten estudiar fenómenos que se ha producido en una zona a lo largo de la historia, para estudiar los anillos de un árbol es suficiente con sacar una pequeña muestra cilíndrica de su tronco en la que se aprecian todos los anillos.

1.6. Anillos de crecimiento como indicadores climáticos.

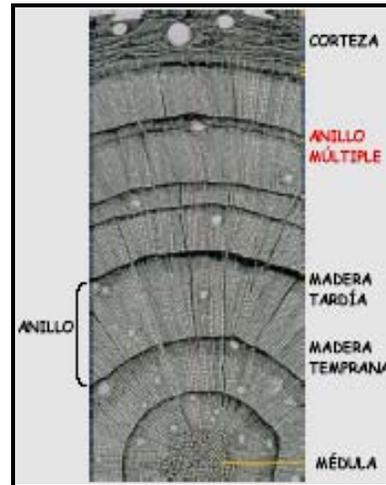
Anillos de crecimiento son el resultado de la actividad estacional de la cubierta vegetal, produciendo, en algunas especies, leño temprano para la madera de rápido crecimiento en estación lluviosa y leño tardío para la madera de crecimiento más lento de la estación seca (33).



Fuente : dendrocronología básica (12).

FIGURA 1. CRECIMIENTO-CLIMA

En los árboles que crecen en las zonas templadas existen períodos definidos de crecimiento activo durante el año, por la presencia de las estaciones. Generalmente el crecimiento y el aumento en diámetros de los árboles se realiza durante la primavera y el verano y ocasionalmente en el otoño. Durante la primavera se origina un tejido de células de paredes delgadas, lumen amplio y color claro, llamada Madera temprana ó Madera de primavera y en el verano y otoño se forma un tejido más compacto, de paredes gruesas, lumen más estrecho y color más oscuro llamado Madera tardía ó Madera de verano.



Fuente : [www:web.utk.edu](http://www.web.utk.edu) (25).

FIGURA 2. MADERA TARDIA Y TEMPRANA

La alternancia de estas zonas de primavera y de verano da la apariencia en el corte transversal de círculos concéntricos llamados anillos de crecimiento.

En la zona templada donde existe un período vegetativo definido en cada año, se habla de anillos anuales de crecimiento, que permiten incluso llegar a determinar la edad de los árboles. En las zonas tropicales no se forman anillos bien definidos pero algunas especies lo pueden presentar si están asociadas con zonas donde hay lapsos bien definidos, de invierno (lluvias), y verano (sequía) durante el año (16).

En contraste en las regiones tropicales y subtropicales, muchos de estos anillos son formados por una alternancia de temporadas secas y de lluvias (Husch *et al.*, 1972) (11).

En manejo forestal el conocimiento de la edad de los árboles es importante para determinar ciclos de corta y el tiempo durante el cual se renueva una masa forestal (Mendoza, 1993). Una forma de calcular la edad en árboles tropicales es por conteo directo de los anillos de crecimiento; sin embargo, es necesario reconocer su existencia o que sean visibles en las especies de interés (11).

En maderas tropicales la delimitación del anillo puede estar dada por estructuras celulares como parénquima marginal y fibras de paredes más gruesa o aplanadas en dirección radial (**Carlquist, 1988**).

En árboles tropicales se reconoce que la formación periódica de los anillos se relaciona con la presencia de lluvia o sequía (**Jacoby, 1989; Gourlay, 1995a; Worbes 1999**).

Sin embargo condiciones severas de sequía (Gourlay, 1995b) pueden provocar la presencia de falsos anillos de crecimiento en algunas especies, mientras que en otras la visibilidad y periodicidad del anillo puede ser distorsionada por las condiciones físicas donde se desarrollan, como suelos profundos y bien drenados (Alvim, 1978) (11).

1.7. Aspectos de la anatomía de la madera.

Un árbol puede ser considerado como un instrumento capaz, de registrar todos los fenómenos que ocurren en el medio que lo rodea y que influyen en las características de los anillos de la madera que genera, afectando su ritmo de crecimiento.

1.7.1 Estructura del anillado de los árboles.

Cada año se agrega un anillo debajo de la corteza.

El espesor de cada anillo define el crecimiento radial del tallo en un determinado año. Este conjunto de anillos constituye el anillado y en el quedan registrados los cambios ambientales que influyen en dicho crecimiento (12).

El xilema secundario producido durante un período de crecimiento constituye una capa, que en el corte transversal de un tallo se llama anillo de crecimiento.

Si se observa a simple vista tiene una parte clara, que es el leño o madero temprano, menos denso, con células de mayor diámetro y una parte oscura, que es el leño o madero tardío, sus células son pequeñas y de paredes más gruesas (12).

La estructura característica del xilema secundario es la existencia de dos sistemas de elementos, que difieren en la orientación de sus células: uno es horizontal y el otro es vertical. Sistema vertical o longitudinal o axial: son células o filas de células con el eje mayor orientado longitudinalmente, formado por elementos conductores no vivos y células parenquimáticas vivas (12).

Sistema horizontal o transversal o radial: son hileras de células orientadas radialmente, formado por células vivas principalmente, las células

parenquimáticas de los radios medulares. Las células vivas de los radios y del sistema axial se encuentran generalmente en conexión formando un sistema continuo (12).

Las células (traqueidas) de la madera temprana se forman al inicio de la época de crecimiento durante un periodo rápido de crecimiento radial. En la madera tardía, la actividad del cambium decrece y las traqueidas presentan paredes gruesas con cavidades progresivamente más chicas (12).

Este contraste de las últimas células con las primeras de año siguiente es lo que limitará a un anillo de crecimiento anual (12).

Para analizar la característica anatómica de la madera, generalmente, se observa al microscopio la parte correspondiente al leño; es decir el xilema secundario originado a partir del cambium. El anillo anual de crecimiento del xilema se forma al exterior del que se formó en el año anterior (12).

1.8 Tipos de madera atendiendo a la anatomía de los anillos.

El estudio de anillos estacionales para un mejor entendimiento se hace a través de los diversos tipos de poros describiendo:

1.8.1 Leño con poros en anillo (anular).

Es la madera de tejido leñoso en el que los vasos de la madera temprana son marcadamente más grande que los de la madera tardía formando una banda bien definida (12).

1.8.2 Leño con poros difusos.

Es la madera de tejido leñoso cuyos vasos tienen un tamaño y una distribución muy uniforme en todo el anillo de crecimiento (12).

1.8.3 Leño de tipo intermedio (porosidad semianular / semidifuso).

Es la madera en la cual el diámetro de los vasos disminuye gradualmente desde la madera temprana hasta la madera tardía (12).

1.9 Anomalías en la anatomía del crecimiento radial.

1.9.1 Anillos ausentes.

Una complicación que a veces se presenta en el análisis de un anillado es la ausencia de un anillo anual en la altura del árbol donde fue tomada la muestra. Ello se debe a que el espesor de cada anillo no es uniforme ni en la circunferencia ni a lo largo de cualquier línea del tallo; y por consiguiente, el ancho relativo de los anillos en cualquier lugar en que se tome la muestra variara ligeramente (12).

Por otro lado se encuentra problemas cuando se trata de años muy secos.

Un anillo se forma en cada estación creciente (año), pero en años de crecimiento sumamente pequeño este anillo puede no mostrarse en cada punto del tronco. Durante tales años, el crecimiento en el árbol ocurre probablemente solo en puntos de tensión, como la parte baja de un tronco o debajo de las ramas. Puesto que estas áreas son normalmente evitadas durante la toma de muestras, existe la

probabilidad de obtener un centro o sección donde el anillo no aparezca (12).

Los anillos ausentes pueden ser fácilmente detectados al momento de la sincronización de varias muestras de un lugar. Haciéndose coincidir las secuencias del anillado de tales muestras se notará la ausencia del anillo en una de las muestras.

El anillo ausente en la muestra es marcado y se continúa con el proceso (12).

1.9.2 Anillos falsos.

Otra complicación que se presenta en el análisis de la muestra es la ocasional presencia de anillos doble o falso en el espécimen que está siendo estudiado.

Se aprecia que en el anillo señalado el madero tardío presenta una banda que asemejaría a la formación de madero temprano, pudiéndosele considerar como un anillo anual.

Si esta anomalía no se detecta a tiempo, este año se contará en la serie de crecimiento como dos años, tergiversando los datos.

Hay muchas maneras de reconocer anillos falsos. Con frecuencia, la marca final del madero tardío de un anillo falso no está bien delineada porque el madero tardío gradualmente se entremezcla con las partes claras del madero temprano (12).

Esta transición gradual en el borde exterior de un anillo falso, en contraste con el cambio abrupto entre el madero tardío y el madero temprano en los anillos normales, es la característica distintiva de los anillos falsos y se detecta fácilmente con una lente de mano en una superficie bien preparada.

Adicionalmente si se tuviera una sección transversal del árbol, el anillo en cuestión podría ser trazado alrededor de toda la circunferencia. Entonces, si se aprecia que el madero tardío es discontinuo, se concluye que se trata de un anillo falso.

Sin embargo, no en todas las especies se puede distinguir bien entre anillos falsos y verdaderos, en algunas es prácticamente imposible. Cuando los métodos de identificación fallan, se pueden detectar en la sincronización de varias muestras del mismo lugar (12).

Las causas de la formación de anillos falsos aún no se han determinado pues pocas especies han sido estudiadas y sin llegar a profundizarse en tales estudios. Algunas de las causas de anillos falsos son aparentemente genéticas debido a la tendencia de producción es más pronunciada en algunas especies que en otras.

Ocurrencias climáticas anormales, como una súbita sequedad en la estación, han sido sugeridas también como posibles causas; pero ello ha sido muy difícil de verificar. La sincronización de varios árboles en un lugar ha fracasado en su intento de demostrar que los anillos dobles tienden a formarse durante años con ciertas condiciones climáticas. Por otro lado, las

influencias climáticas no pueden dejarse de considerar. En la actualidad aún se continúan realizando estudios e investigaciones sobre la producción de anillos falsos y los causantes de su formación (11).

CAPÍTULO 2

2. GUASMO

2.1 Origen.

Originario de América tropical. Desde México hasta América del sur noreste de Argentina, Ecuador, Perú, Paraguay, Bolivia, Brasil. (42).



FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL *GUAZUMA ULMIFOLIA*, EN AMÉRICA TROPICAL. (42)

2.2 Distribución geográfica.

En Ecuador se encuentra en el Bosque Seco desde los 0 msnm hasta los 1500 msnm (29).

En Centroamérica prospera en altitudes de hasta 1,200 msnm, siendo más frecuente por debajo de los 500 msnm, en regiones con estación seca.

2.3 Clasificación taxonómica.

CUADRO 2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL GUASMO

Reino	Plantae
Phyllum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilenidas
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Genero	Guazuma
Especie	<i>Guazuma Ulmifolia</i>
Nombre Común	Guasmo

Fuente: Catalogue of Life: 2007 Annual Checklist: The Integrated Taxonomic Information System (43)

2.4 Descripción Botánica.

2.4.1 Forma.

Es un árbol mediano caducifolio de 2 a 15 m (hasta 25m) de altura, con diámetro a la altura del pecho de 30 a 40 cm (hasta 80 cm), normalmente de menor talla (8m), en algunos casos se

desarrolla como arbusto muy ramificado y en otros como un árbol monopodico (29).

2.4.2 Copa y hojas.

Es de copa abierta, redondeada y extendida. Hojas alternas, simples, láminas de 3 a 13 cm. de largo por 1,5 a 6,5 cm. de ancho, ovadas o lanceoladas, con margen aserrado; verde oscuras y rasposas en el haz y verde grisáceas amarillentas y sedosas en el envés (29).

Hojas ovadas, hasta 18 X 10 cm, cordadas en la base, acuminadas en el ápice, dentadas en las márgenes, densa pubescencia estrellada en el envés ,es caducifolio, en la época seca pierde sus hojas durante un corto periodo (43) (29).

2.4.3 Tronco y ramas.

Tronco más o menos recto, produciendo a veces chupones, frecuentemente ramificado a baja altura (desde la base). Ramas muy extendidas, horizontales o ligeramente colgantes (29).

2.4.4 Corteza.

Externa ligeramente fisurada, desprendiéndose en pequeños pedazo, pardo grisácea. Interna de color amarillento cambiando a pardo rojizo o rosado, fibrosa, dulce a ligeramente astringente. Grosor total: 5 a 12 mm (29).

2.4.5 Inflorescencia.

Florece casi todo el año especialmente de abril a octubre (29).

2.4.6 Flor.

En panículas de 2 a 5 cm de largo, flores actinomorfas pequeñas, blancas y amarillas con tintes castaños, con olor dulce, de 5 mm de diámetro; cáliz veloso de 2 a 3 lóbulos, sépalos verdosos y pétalos de color crema.

2.4.7 Fruto.

Capsula de 3 a 4 cm. de largo, en infrutescencias de 10cm., ovoide, 5-valvada, abriéndose tardíamente, con numerosa protuberancias cónicas en la superficie, moreno oscura a

negra cuando está madura, olor y sabor dulce. Permanecen largo tiempo en el árbol (29).

Los frutos maduran casi todo el año, especialmente de septiembre a abril. El número de frutos por kilogramo es de 705. De un kilogramo de frutos secos se pueden obtener unos 100 g. de semillas limpias.

El peso de 1,000 semillas es de 5.14 g. Buena productora de forraje verde. Un árbol de 3 años produce 204 kg. de leña seca (29).

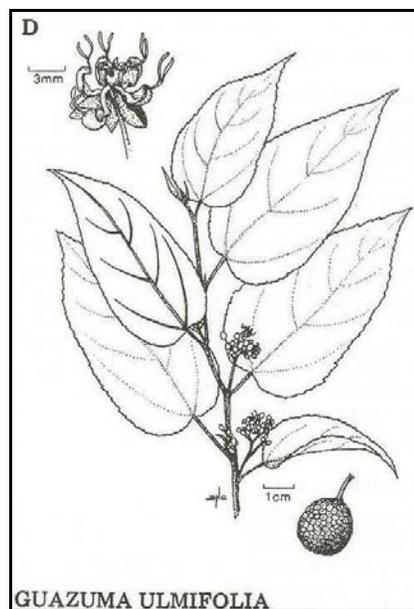


FIGURA 4. CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DEL GUASMO (44).

2.4.8 Semilla

Semillas numerosas (entre 40 a 80) de menos de 1 mm, duras, redondeadas, pardas, los frutos se abren en el ápice o irregularmente por poros (29).

2.4.9 Sexualidad.

Es un árbol Hermafrodita (29).

2.5 Parámetros agronómicos para el cultivo.

Los parámetros agronómicos son de suma importancia para el correcto establecimiento y manejo de un determinado cultivo, constituyen las principales características en que crecerá en un determinado período de tiempo (29).

2.5.1 Clima.

Los climas en su área de distribución natural son tropicales o subtropicales, la mayoría de su hábitat es continuamente cálido. Sin embargo, los árboles en los extremos norte y sur de su

distribución están probablemente sujetos a heladas ligeras poco frecuentes (42).

2.5.2 Temperatura.

En área de distribución natural en México, crece en lugares con temperaturas entre 13 ° C y 36 ° C. Sin embargo para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media anual de 18 ° C. a 25 ° C (41).

2.5.3 Precipitación.

El guasmo es más común en áreas que reciben de 700 a 1500 mm. de precipitación anual promedio, pero también puede crecer en zonas con una precipitación anual de hasta 2500 mm. (42).

Casi toda el área de distribución natural tiene una estación seca anual, usualmente entre 2 y 7 meses de duración. El guasmo se adapta tanto a condiciones secas como húmedas (42) (29).

2.5.4 PH requerido.

Es más común encontrar la especie en suelos con un pH arriba de 5.5 y no tolera suelos salinos (42).

2.5.5 Suelo.

Se adapta a una gran variedad de suelos y se le puede encontrar en suelos con texturas desde arenas hasta arcillas. La especie probablemente crece en todos los órdenes de suelo que ocurren en su área de distribución natural. Los suelos de los órdenes Inceptisoles, Alfisoles, Ultisoles, Oxisoles y Vertisoles son hábitats de particular importancia (42).

En Suelos de origen volcánico o sedimentario, negro arcilloso, grava volcánica negra, pedregoso, arenoso café claro, somero, rojo, limoso, vertisol, desde textura liviana hasta pesada (29).

Los sitios bien drenados son los mejores, pero el guasmo también crece en suelos con drenaje un tanto pobre. Los suelos muy pedregosos en incluso el relleno de construcción recién depositado a la orilla de caminos se ven a menudo colonizados (42).

2.6 Vegetación y zona ecológica.

Es característica de sitios abiertos, laderas de montañas bajas y cañadas, pastizales, terrenos planos con lomeríos, suaves, márgenes de ríos y arroyos, sitios desmontados.

Es común en áreas secas y húmedas, por ejemplo en represas. Propia de zonas bajas cálidas (42).

2.6.1 Tipo de vegetación.

Al guasmo se lo encuentra asociado en:

Bosque de galería. Bosque de pino.

Bosque espinoso (matorral espinoso secundario, seco y húmedo).

Bosque mesófilo de montaña.

Bosque tropical esclerófilo (Encinar tropical).

Bosque tropical perennifolio (vegetación secundaria).

Bosque tropical subcaducifolio.

Bosque tropical subperennifolio. Manglar.

Sabana secundaria (Palmar).

Vegetación sabanoide o pastizales (42).

2.6.2 Vegetación asociada.

Acacia farnesiana, *Sapindus saponaria*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Trema micantha*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Ipomoea arburescens*, *Cordia alliodora*, *Byrsonima crassifolia*, *Psidium guajava*, *Tabebuia rosea*, *Zizipus Tisiflora* (42).

2.7 Aspectos fisiológicos.

2.7.1 Adaptación.

Especie de fácil adaptación. Se adapta tanto a sitios áridos como a zonas húmedas (29).

2.7.2 Crecimiento.

Especie de rápido crecimiento, especialmente si se planta en suelos de textura liviana, por debajo de los 800m. de altitud, con precipitaciones de 900 a 1500 mm, con estación seca marcada. La especie llega a crecer en altura de 2.4 a 2.9 mt/año (29).

2.8 Importancia del Guasmo.

Especie secundaria, pionera, heliófila. Puede presentarse como especie importante de etapas secundarias muy avanzadas de selvas medianas subperennifolias, dando la impresión de ser elemento primario. Abundante y característica de sitios perturbados (29).

2.8.1 Efecto restaurador.

- Acolchado / cobertura de hojarasca.
- Conservación de suelo / control de la erosión.
- Estabiliza bancos de arena
- Mejora la fertilidad del suelo/barbecho (29).

2.8.2 Servicio.

- A menudo se planta como árbol de sombra en calles, terrenos de cultivo y pastizales. Entre los animales domésticos y silvestres que utilizan esta especie como alimento destacan: ardilla, perico, mono, loro, coyote, venado cola blanca, perezoso, caballo, cerdo.
- Barrera rompevientos

- Cerca viva en los agroh bitats. Para cerca es poco durable cuando no tiene un tratamiento químico previo.
- Barrera contra incendios (29).

2.8.3 Usos.

1.- Maderable.

Artículos torneados y decorativos e instrumentos musicales, violines y tapas de guitarra. Construcción rural y en general. Construcción de botes. Implementos agrícolas, mangos de herramientas.

La madera es ligera y blanda, se usa para elaborar cajas y embalajes, interiores de viviendas (29).

2.- Fruta.

El fruto verde mucilaginoso es dulce y se come crudo, molido o seco; los niños los comen como golosina. Se puede preparar una bebida machacando el fruto en el agua. Flor comestible (29).

Cosmético / Higiene (fruto).

La ceniza de la madera sirve para hacer jabón.

Forrajero (hoja, vástago, fruto, semilla).

Gran capacidad forrajera. Para engorde de ganado bovino, porcino, venados, burros, zarigüeyas, caballos.

Por su altura, el forraje está disponible solo cuando el árbol tira la hoja. Si el ganado come los frutos en exceso pueden causarle obstrucción intestinal.

Melífera [flor].

Apicultura. Néctar valioso para la producción de miel de alta calidad. La semilla molida se usa para saborizar el chocolate. También se consume tostada como el café.

Las semillas contienen un 50% de aceite no secante muy apropiada para la industria alimentaria (29).

3.- Medicinal

Propiedades y acciones: astringente, emoliente, refrigerante, sudorífica, estomáquica, antiulcerogénica, antioxidante, depurativa, diaforética, citotóxica, pectoral, antifúngica, antibacteriana (G-) e hipocolesterolémica. (29).

2.9 Manejo de cultivo de Guasmo.

2.9.1 Labores Culturales.

Todo cultivo o plantación debe ser manejado por sus labores culturales para un mejor manejo y rendimiento.

2.9.1.1 Semilla.

Se pueden almacenar en recipientes sellados en lugares frescos hasta por un año.

Utilizar cámaras frías a 5°C de temperatura.

La semilla es dispersada por aves y mamíferos incluyendo el ganado y posiblemente caballos.

El tiempo promedio que tarda en germinar es de 70 días. El porcentaje de germinación es de 4 a 13% en cámaras germinadoras alcanzan el 80%.

Con tratamiento pregerminativo en agua caliente (10 minutos) alcanza 77% en luz y 94% en sombra.

El número de semillas por kilogramo es de unos 150.000 a 195.000, de estas alrededor de 38.000 son viables.

La recolección de los frutos maduros es fácil. Se pueden coleccionar del árbol o del suelo y para extraer las semillas es necesario macerar los frutos (29).

2.9.1.2 Viverización.

La producción de plántulas en el vivero es fácil, se siembran 2 a 4 semillas por bolsa. El tiempo para que estas alcancen 25 a 30 cm. de altura en bolsa es de 14 a 16 semanas; al alcanzar esta altura se recomienda trasplantarlas al inicio de las lluvias.

La especie es muy susceptible al esparcimiento en la plantación. La distancia adoptada comúnmente es de 2x2 m, obteniendo mayor crecimiento en diámetro y altura.

Se recomienda deshierbar 2 o 3 veces durante el primer año (29).

2.9.1.3 Propagación.

Reproducción asexual, se utiliza pseudoestacas y se requiere de 5 a 8 meses para que estas estacas alcancen un diámetro de 1.5 a 2.5 cm (42).

Brotos o retoños. Tiene buena capacidad de rebrote y este atributo la convierte en una especie ideal para ser manejada en los potreros de las zonas secas (42).

Reproducción sexual.

Siembra directa.

Regeneración natural.

Semilla (plántulas).

2.9.1.4 Tolerancia.

A inundación temporal y a la exposición constante al viento.

Es demandante de Luz, firme a Viento

Resistente

Es resistente al fuego. En costa rica se ha reportado su resistencia al fuego.

Pudrición (madera).

Sequía (29).

CAPÍTULO 3

3. CONDICIONES Y PRINCIPIOS

3.1. Condiciones para aplicar la dendrocronología

La dendrocronología es posible debido al hecho que muchos árboles generan anillos anuales visibles en la sección de un disco de tallo exhibiendo patrones característicos. Cuatro condiciones son necesarias para que estos patrones sean usados en el fechado de especies (Stokes and smiley, 1968).

3.1.1 Primera condición

Los árboles usados para el fechado deben agregar un anillo por cada estación de crecimiento, es decir que deben tener crecimiento anual, especies donde se agregan más de un anillado por año no pueden ser usadas para este propósito (12).

3.1.2 Segunda condición

El crecimiento total de una especie durante una estación es el resultado de muchos factores que interactúan tales como genéticos y ambientales. Solo un factor ambiental debe ser predominante en limitar el crecimiento.

En América del sur este factor limitante es la precipitación. Ahora pueden existir otros factores predominantes dependiendo de la zona, por ejemplo en Alaska es la temperatura. En el Perú el factor limitante sería la lluvia (12).

3.1.3 Tercera Condición.

El factor limitante del crecimiento anual debe variar en intensidad de año a año y el anillo anual resultante debe reflejar fielmente tal variación en su ancho. Aunque el ancho del anillo no sea necesariamente, directamente proporcional a la precipitación, los anillos deben ser finos en años de sequía y evidentemente anchos en un año lluvioso (12).

3.1.4 Cuarta Condición.

La variable ambiental y factor limitante del crecimiento, debe ser uniformemente efectivo sobre un área geográfica grande.

Si esto no sucede, las cronologías compuestas se tendrían que realizar para cada área pequeña.

Las diferencias secundarias, características del área pequeña, siempre existe, pero los modelos básicos del anillo son semejantes lo suficiente para permitir fechado entre árboles que crecen distanciados unos de otros (12).

3.2 Principios básicos de la dendrocronología

Como cualquier otra ciencia la dendrocronología se rige por un conjunto de principios o reglas científicas, las cuales tienen sus raíces en el año 1785 (principio de uniformidad), y más recientemente en el año 1987 (principio de la agregación de los factores ambientales).

Algunos de estos principios se aplican específicamente para estudios dendrocronológicos, mientras que otros son comunes a muchas disciplinas (26).

3.2.1. El principio de uniformidad de la respuesta.

Este principio establece que los procesos físicos y biológicos que rigen los actuales procesos ambientales se relacionan con los patrones de crecimiento de los árboles y han operados desde el pasado, es decir “el presente es la clave del pasado” (James Hutton, 1785) (26).

Sin embargo, dendrocronologicamente hablando a este principio se le ha adicionado: “el pasado es la clave del futuro”, en otras palabras, modelando las condiciones que operaron en el pasado, se puede predecir y administrar aquellas que se presentaran en el futuro (26).

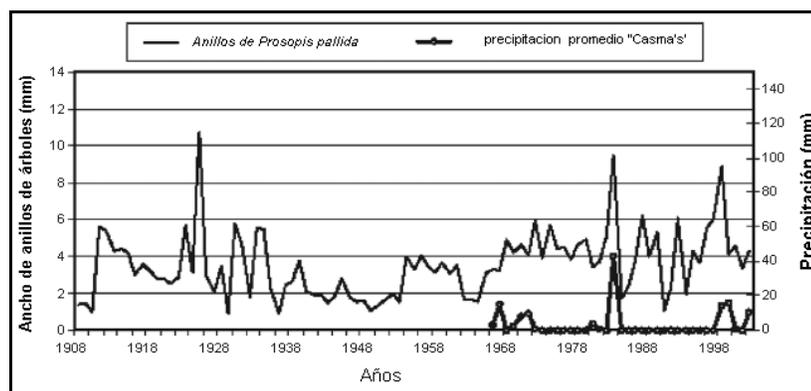


FIGURA 5 RECONSTRUCCIÓN DE CLIMÁ PERÚ. San Rafael (12).

3.2.2 El principio de los factores limitantes.

Sostiene que la tasa de crecimiento de una planta se encuentra condicionada por la variable ambiental primaria más limitante. Incluso, se puede decir que dicha variable ambiental o factor limitante frecuentemente actúa sobre otros factores no climáticos.

Así por ejemplo, en regiones áridas y semiáridas la precipitación es a menudo el factor más limitante para el crecimiento de plantas, y por lo tanto para la formación de anillos.

En estas regiones, el crecimiento del árbol no puede proceder más rápidamente que lo permitido por la cantidad de precipitación, haciendo que el ancho de los anillos y con ello el volumen de madera producido sea una función de la precipitación.

En otros lugares como en altas latitudes, la temperatura es el factor limitante que afecta la tasa de crecimiento de los árboles.

(26).

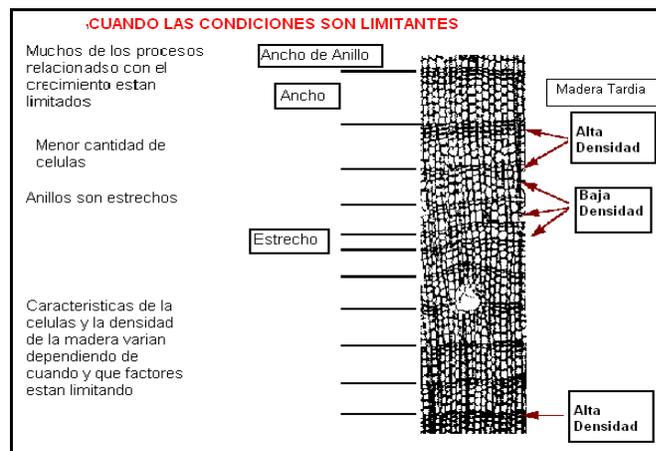


FIGURA 6 CUANDO LAS CONDICIONES SON LIMITANTES (12).

3.2.3 El principio de agregación de los factores ambientales.

Este principio establece que cualquier serie individual que modela el crecimiento de los árboles en el tiempo puede ser “descompuesta” en un conjunto de factores ambientales (26).

De modo que, se puede expresar en términos matemáticos el crecimiento del anillado del árbol (R) en un año “ t ” cualquiera,

apreciando que está compuesto por varios factores, entre los que se puede mencionar.

$$R_t = A_t + C_t + \delta D_{1t} + D_{2t} + E_t$$

A: la tendencia de la edad relativa de crecimiento debido al proceso de envejecimiento fisiológico normal.

C: el clima que se presenta durante ese año.

D1: La ocurrencia de factores endógenos, es decir relativos únicamente al propio árbol como individuo.

D2: La ocurrencia de factores exógenos, es decir aquel disturbio externo que afecta a todos o un grupo importante de individuos.

E: Valor aleatorio (error) por los procesos no considerados debido a la influencia de otros factores (26).

Para una mejor comprensión, la letra griega δ delante de la D1 y D2 asume el valor de "0" o "1" según indique ausencia o presencia de la señal ambiental deseada, los otros factores deben ser minimizados.

Por ejemplo si se quiere maximizar la señal climática, la tendencia de la edad relativa debe ser anulada, así como los procesos ecológicos internos y externos que podrían haber afectado el crecimiento de los árboles (26).

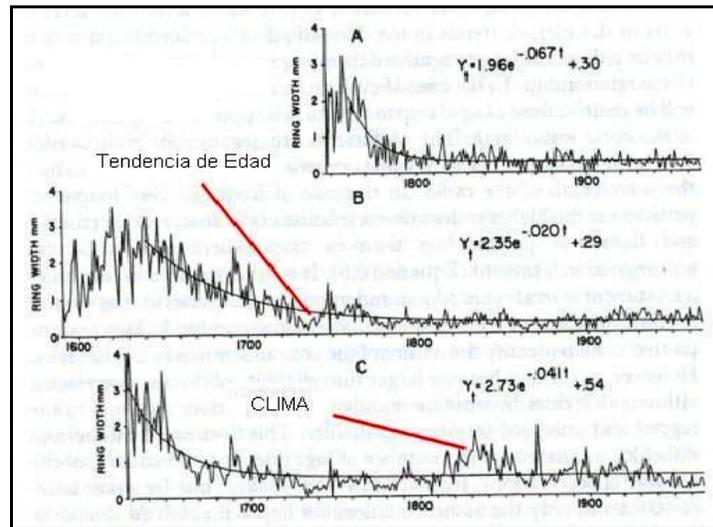


FIGURA 7. MAXIMIZACIÓN DE LA SEÑAL CLIMÁTICA (26).

3.2.4 Principio de Amplitud Ecológica

Este principio determina que una especie es más sensible a los factores ambientales en los límites latitudinales y de elevación de su rango de hábitat.

Por ejemplo, el pino Ponderosa (*pinus ponderosa*) tiene una amplitud ecológica extensa, debido a que la especie de pino más ampliamente extendida en Norteamérica. Recíprocamente el gigante Secoya (*Sequoiadendron giganteum*) que crece en aéreas restringidas de la ladera oeste de sierra Nevada en California, tiene por consiguiente, una amplitud ecológica estrecha.

Este principio es importante porque frecuentemente las especies de árboles utilizados en dendrocronología se encuentran en los límites de su rango natural. El diagrama abajo muestra para diferentes tipos de bosque su incremento en altura a lo largo de la ladera de una montaña.

Para maximizar la información climática disponible en los anillos del Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa*), por ejemplo se tomaría muestras de árboles en su límite latitudinal más bajo alrededor de 7000 pies (2130 metros sobre el nivel del mar), ver figura 8 (26).

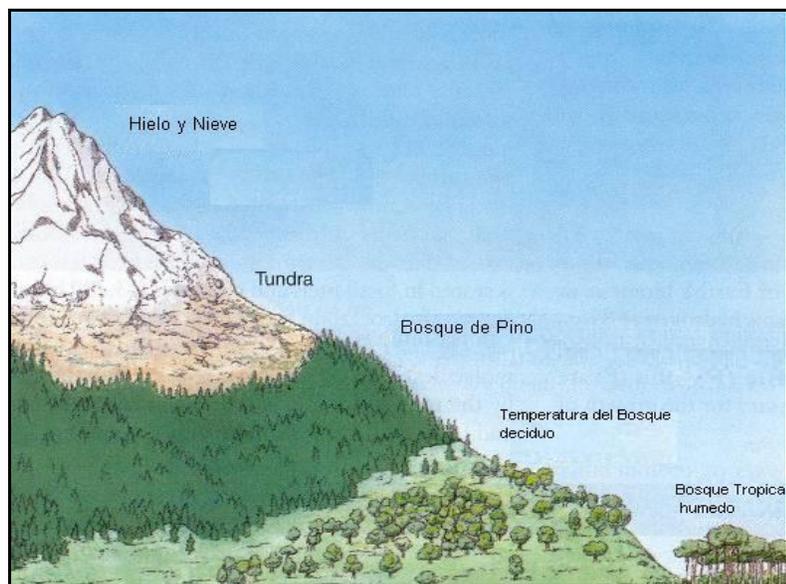


FIGURA 8. AMPLITUD ECOLÓGICA (26)

3.2.5 Principio del lugar de selección.

Este principio establece que para fines de estudio dendrocronológico se debe identificar y seleccionar aquellos lugares que produzcan series de anillo sensibles a los cambios ambientales que están siendo examinados, a fin de maximizar dichas señales ambientales.

Por ejemplo, aquellos árboles que son especialmente sensibles a condiciones de sequía pueden usualmente ser encontrados, donde la lluvia es limitada por ejemplo en afloramientos rocosos, o en la cima de las montañas, como se observa en la figura 9.

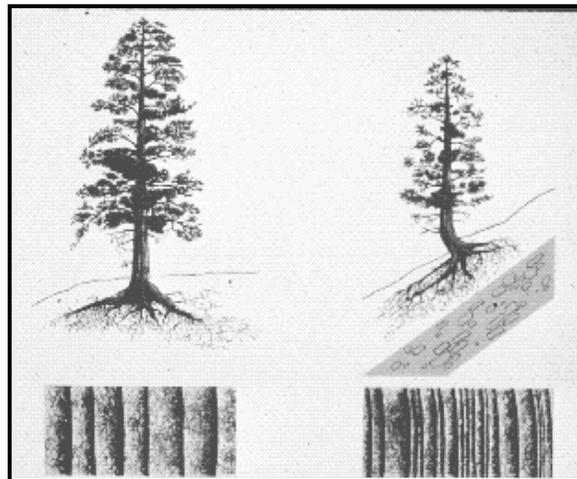


FIGURA 9. AFLORAMIENTO ROCOSO (26)

Por tanto, un dendrocronologista interesado en condiciones de sequía pasadas tomaría muestras intencionalmente en localidades donde el suministro de agua sea limitado (26).

3.2.6 Principio de datación cruzada o sincronización

La datación cruzada es considerada el principio fundamental de la dendrocronología; ya que sin la precisión que de ella se obtiene, la información sobre el anillado de los árboles no sería más que un simple recuento de anillos (12).

Se basa en los cambios anuales del macroclima; puesto que todos los árboles padecen estos cambios macroclimáticos, algunos años se notan en todas las secuencias. De tal manera que si hace coincidir la secuencia de los anillos entre muchas series de crecimiento de árboles se puede identificar el año exacto en el cual cada anillo fue formado. Por ejemplo, uno puede fechar la construcción de una casa antigua, comparando los patrones de crecimiento de los árboles a partir de una madera tomada de la casa con patrones de crecimiento de árboles vivientes (12).

Adicionalmente, esta sincronización permite detectar otro tipo de errores como la ausencia en la formación de un anillo producto de un periodo de sequía en el que el árbol no crece y por tanto no se crea ningún anillo u otra circunstancia (26).

CAPÍTULO 4

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 Localización del ensayo.

El área de estudio se encuentra en la Provincia de Santa Elena Parroquia Julio Moreno de la comuna Limoncito en la zona sur de la cordillera Chongon Colonche, en la finca San Pedro, propiedad de la familia Suntaxi Aluisa, ubicada en el kilómetro 30 vía a la costa.

4.1.1 Ubicación geográfica.

Datos de la localización del estudio:

Latitud sur: 2° 13' 00'' **Longitud oeste:** 80° 14' 00'' *

Altitud: 101 m.s.n.m *

Temperatura media anual: 26 °C **

Precipitación media anual: 808.8 mm. ***

Fuente: * Tomados por Autor/ (**) Precipitación-Cedege / (***) Temperatura: Inamhi

Los meses de precipitación comienzan a finales de diciembre hasta mayo y los meses secos de junio a noviembre

4.2 Materiales.

Los materiales que se usaron en este estudio fueron los siguientes:

Materiales de campo

- Machete
- Cinta métrica 30 mt
- Cinta métrica para medir la circunferencia del fuste
- Pintura spray
- Señalización
- Marcador permanente Rojo
- Libreta de campo y lápiz

Instrumentos

- Motosierra
- Lijadora eléctrica
- Lija manual
- Lijas de diversas granulometría
- Hipsómetro haga (medir alturas).
- GPS

- Cámara digital Sony V3
- Gafas transparentes
- Mascara con filtro

Equipo Personal

Botas, vestimenta y elementos de seguridad adecuados para actividades en terreno.

Los materiales de laboratorio fueron los siguientes:

- Anuarios meteorológicos de 1974 al 2007
- Lupa 10X
- Regla milimétrica
- Lápiz 3B y 4B
- Borrador

Otros materiales:

- CD
- Programa computarizado de análisis estadístico (Infostat)
- Programa computarizado de análisis estadístico (Excel)

4.3 Metodología de la investigación.

El estudio se realizó en 2 fases:

1. Fase de campo.
2. Fase de laboratorio.

4.3.1 Fase 1. Método de Campo.

De un desmonte realizado en 5 hectáreas, en la cual se efectuó el raleo de diversos árboles, se decidió tomar muestras de árboles muertos de guasmo.

En esta fase se realizó el recorrido del lugar y se seleccionó 10 individuos de diámetro mayor a 10 cm de DAP, para el corte y la extracción de las secciones.

Se seleccionó lugares con pendiente ya que dan una información de más sensibilidad de cómo la especie creció en ese lugar frente a circunstancias adversas de clima.

En cada muestra se tomaron datos de largo de fuste, circunferencia por árbol. Cada individuo fue georeferenciado y se construyó un mapa de ubicación.

4.3.1.1 Selección del lugar.

Se seleccionó el lugar de acuerdo a las condiciones y principios que se aplican en la dendrocronología, para estudios del clima se busca lugares que hayan sufrido problemas climáticos como sequías, terrenos inclinados, etc.

Los árboles que mejor captan la señal climática son aquellos localizados en terrenos de ladera con poca disponibilidad de humedad, donde los individuos están más limitados.



FIGURA 11 UBICACIÓN DE LA ESPECIE

4.3.1.2 Selección de la especie.

Se selecciono la especie *Guazuma ulmifolia*, por cuanto es una especie caducifolia, y se encuentran con mayor frecuencia en el Bosque Seco de la comuna Limoncito-PSE.

Se seleccionaron 10 árboles de Guasmo de diámetro superior a 10 cm.

Se realizo la medición con cinta métrica de la circunferencia a 30 cm en la base del árbol y después cada metro de distancia a lo largo del fuste.



FIGURA 12. DATOS DE LARGO DE FUSTE

Se realiza la medición de largo de los fustes de los árboles con cinta métrica.

4.3.1.3. Extracción de la muestra.

Para obtener la mayor secuencia de anillos con un mínimo de variabilidad, las secciones son tomadas mediante cortes transversales.



FIGURA 13. EXTRACCIÓN DE SECCIONES

Se utilizó una motosierra para obtener discos(o secciones) de 5 centímetros de espesor, pasando un metro de distancia entre cada disco en el árbol.

Se marco una línea con pintura a lo largo del fuste, para ver cómo van alineadas y no tener problemas en la forma de trazar los radios en cada sección, ver figura 14.



FIGURA 14. SEÑALIZACIÓN A LO LARGO DEL FUSTE.

4.3.1.4. Transporte de la muestra.

Luego de haber extraído los discos (o secciones) para su traslado, se las colocó en cajas con huecos para la aireación de la madera se pondrá su respectiva identificación y código que denominamos:

- ❖ Nombre común: guasmo
- ❖ Nombre científico: *Guazuma ulmifolia*
- ❖ La fecha de corte: 17 junio del 2008
- ❖ Lugar de obtención: Finca San Pedro
- ❖ Recolector: Fabián Sntaxi Aluisa

❖ Código: GL01



FIGURA 15. CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA

4.3.1.5. Preparación de la muestra.

Previo a la preparación de las muestras estas pasan por un proceso de secado al ambiente, en un lugar lejos de la luz solar y con suficiente aireación, la luz provoca un cuarteamiento de la madera. Se ubicaron sobre unas rejillas a una altura de 30 cm. del suelo para su aireación suficiente y evitar la presencia de hongos e insectos.

Una vez secos fueron montadas en una mesa con prensa y se procede al lijado con una lijadora eléctrica, siendo después pulido manualmente con papel de lija de gránulos cada vez más finos (por ejemplo, desde

número 60 hasta 1000) para evitar rayar la muestras y dejarlos pulidos.



FIGURA 16. PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Un indicador de que la superficie esta pulida es que adquiere un brillo espejado y libre de rayas, el adecuado pulido es indispensable para poder visualizar, identificar e interpretar sin dificultad la estructura que define el anillo.

4.3.2 Fase 2. Método de Laboratorio.

En esta fase procedemos a utilizar las secciones pulidas a reconocer y verificar los anillos y posteriormente hacer el conteo y fechado.

4.3.2.1 Conteo de anillos de crecimiento.

Para realizar el conteo de los anillos se utilizó una lupa de aumento 10X.

Se trazó 6 radios denominándolos A, B, C, D, E, F con lápiz 3B desde la médula hacia el vértice, cada radio tendrá una longitud A, B, C, D, E, F similar entre cada uno, ver figura 17.

En aquellas que la médula se encuentre a un extremo se traza 3 radios a los lados y 3 radios a lo largo de la sección.

Se procede a verificar si el anillo es completo, haciendo un recorrido desde el radio A pasando por el radio B, C, D, E, llegando hacia el radio F en sentido de las agujas del reloj.

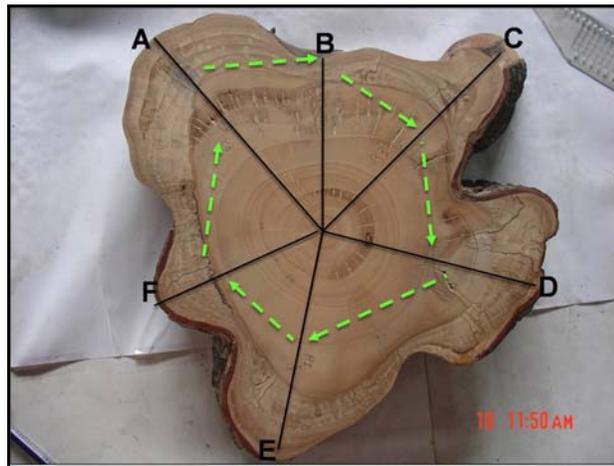


FIGURA 17. TRAZÓ DE RADIO.

Se marcará con lápiz las muestras de modo que sea fácil poder rastrear los anillos que han sido medidos.

4.3.2.2 Medición.

En cada radio A, B, C, D, E, F se procede a la medición del ancho de anillos en milímetros, se iniciará con el anillo más interno y así sucesivamente hasta terminar con el anillo exterior fijando el límite del anillo donde se va a comenzar a medir. Para medir la distancia en milímetros de cada ancho de anillos se utilizará una regla milimétrica en cada radio A, B, C, D, E, F.

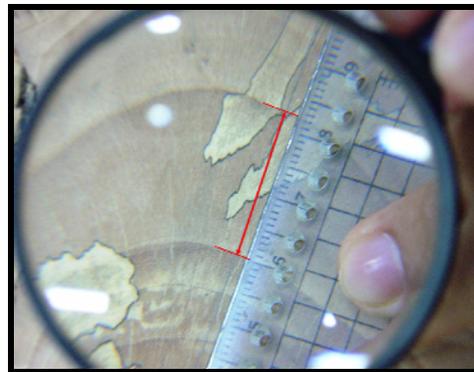


FIGURA 18. MEDICIÓN DE ANCHO DE ANILLOS.

Los anillos de crecimiento se fecharon, comenzando por asignar la edad cronológica del último anillo formado, es decir el anillo contiguo a la corteza y así sucesivamente hacia la médula.

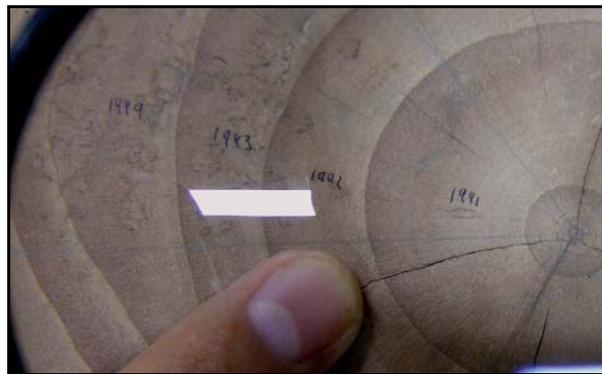


FIGURA 19. FECHADO DE ANILLOS.

Siempre que fue posible, los anillos de crecimiento fueron datados al año de formación (Stokes y Smiley 1968).

Con el objetivo de fechar las series de anillos, se asigna de acuerdo a la convención de Schulman (1956) para el hemisferio sur, que asigna a cada anillo la fecha en que se inició el crecimiento.

Así por el ejemplo, un anillo con el año 2000, corresponde al período de crecimiento que va de la primavera del 2000 al verano del 2001. (40) (19).

4.3.2.3 Graficación de la curva de crecimiento.

Una vez registrados los datos de las mediciones de anchos de anillos de las secciones, se procede a tabular los datos en el programa EXCEL.

Se gráfica la curva de crecimiento de la especie, la cual esta función del ancho de los anillos en milímetros y el año correspondiente.

4.3.3 Método estadístico.

Se realizó una tabla de análisis de varianza para regresión lineal simple y múltiple a los datos de ancho de anillos.

4.3.3.1 Estadística descriptiva.

Determina a través de la desviación estándar el promedio del ancho de anillos y su comportamiento estadístico.

4.3.3.2 Análisis de correlación.

Permite explicar si hay alguna relación estadística de los parámetros climáticos (precipitación y temperatura) y los anillos de crecimiento.

4.3.3.3 Regresión lineal

Explica o describe a través de un modelo de regresión lineal el grosor de los anillos en función de los parámetros climatológicos (precipitación y temperatura).

4.3.3.4 Regresión Múltiple.

Permite ver cuánto cambia el anillo en función de la precipitación y temperatura.

Permite ver la relación entre la variable dependiente (ancho de anillos) y todas las variables independientes (precipitación y temperatura).

4.3.4 Metodología para correlacionar los anillos de crecimiento de *guazuma ulmifolia* con la precipitación y temperatura.

4.3.4.1 Obtención y sistematización de los datos de precipitación y temperatura.

Los datos de precipitación y temperatura del período 1974-2007, se la obtuvo de las siguientes estaciones manejadas por CEDEGE e INAMHI:

Estación Aeropuerto-Aviación Civil.COD: MO56

Estación Limoncito-Cedege-COD: M775

Se ordenaron los datos correspondiente a la época o edad de la cronología de los registros de los anuarios meteorológicos de cada uno de los sitios donde se tomó las muestras.

4.3.4.2 Análisis estadístico de Ancho de Anillos.

Una vez obtenido los datos de ancho de anillos, se procede a sacar la media, desviación standar, error estándar y la correlación de cada ancho de anillo, por cada sección.

Se realiza gráficos de cada sección de acuerdo a su ancho de anillos con sus 6 radios.

Se realiza gráficos de cada sección a través de su media.

Se realiza un gráfico general del ancho de anillos de cada árbol.

4.3.4.3 Correlación de los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura utilizando el programa Excel.

La correlación entre los anillos de crecimiento con los datos de la precipitación y temperatura, se realizó a través del programa informático Excel e Infostat.

La cronología se obtiene de la gráfica del ancho de anillos del árbol.

La reconstrucción se la realiza una vez obtenida la curva de crecimiento de los árboles, se busca la relación numérica entre la curva de crecimiento y los datos meteorológicos de los últimos años.

4.3.4.4 Cálculo de volumen de la especie.

Se debe medir el diámetro a la altura del pecho (DAP: a 1,30 m) del fuste y la altura del fuste (HF) de cada árbol.

Estos dos datos, junto con el factor de forma (Ff) me permiten calcular el volumen del fuste (VF) del árbol.

El factor de forma es la relación entre el volumen real del fuste (tallo) y el volumen del fuste cuando se lo considera como un cilindro perfecto ($AB \times HF$).

El volumen real del fuste se puede aproximar dividiéndolo en secciones rectas, de los cuales se mide las áreas basales en ambos extremos y su longitud.

Mientras más torcido es el fuste, más pequeñas serán estas secciones.

Mediante la fórmula de Smalian (figura 20).

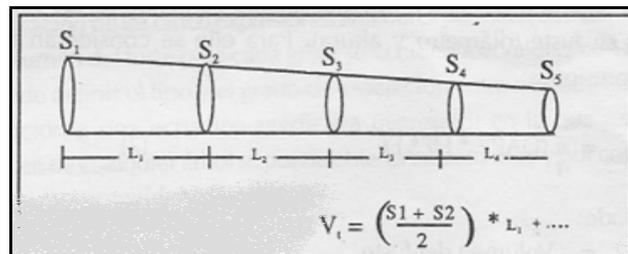


FIGURA 20. FORMULA DE SMALIAN.

Se puede calcular el volumen para cada sección. La suma de todas estas da el volumen real del fuste.

Sin embargo, antes de realizar esta relación es necesario calcular el volumen de cada árbol muestreado partiendo de los valores medidos

en su fuste (diámetro y altura). Para ello se consideran las siguientes expresiones:

$$V = \pi (DAP)^2 * HF * Ff \quad (1)$$

V fuste= Volumen del fuste

DAP= Diámetro a la altura del pecho

HF=Altura del fuste

Ff= Factor de forma, calculando a partir de:

Factor de forma

$$Ff= Vr/Vc \quad (2)$$

Vr= Volumen real del árbol

Vc= Volumen del árbol considerándolo como cilindro perfecto

Para lo cual:

Formula de Smalian

$$Vr = ((S1+S2)/2)*L \quad (3)$$

Vr= Volumen real del árbol

S1= Superficie basal del fuste

S2= Superficie en el ápice del fuste

L= longitud

Donde:

Volumen del cilindro

$$VC=AB \times L \quad (4)$$

VC=Volumen del árbol considerándolo como un cilindro perfecto

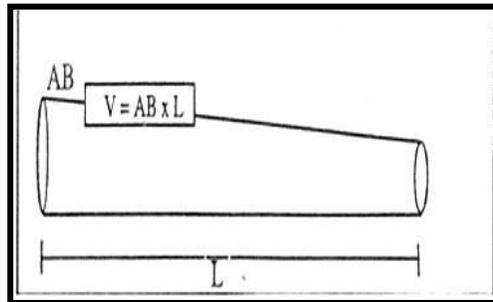


FIGURA 21. VOLUMEN DEL CILINDRO.

AB=Área basal del fuste= $AB= (3,1416) (DAP)^2$.

L= longitud

La aplicación de las 4 expresiones anteriores permite obtener los valores del volumen del fuste para cada árbol seleccionado.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cronología desarrollada en los árboles de guasmo, a través de los anillos de crecimiento tiene una edad aproximada de 30 años, desde el período 1978-2007. En la tabla 1 se presenta la serie de todos los árboles desde 1978 al 2007.

Se utilizaron 10 árboles mayores a 10 cm de DAP, cada árbol se extrajo 4 secciones en cada sección se trazó 6 radios obteniendo 24 radios por árbol, de estos se escogieron las 3 mejores series por árbol y se hizo una serie total por árbol, obteniendo de los 10 árboles las 10 series y estas se formaron en una serie total o serie maestra.

El mejor período replicado en la cronología es entre (1982-1983 y 1997-1998), durante el fenómeno climático El Niño-ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que afectó a la zona con mucha precipitación, provocando inundaciones en la región costa de Ecuador.

TABLA 1. Series de árboles de gasmo desde 1978 al 2007.

Año	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3	Árbol 4	Árbol 5	Árbol 6	Árbol 7	Árbol 8	Árbol 9	Árbol 10	Serie Total
1978	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1979	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
1980	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
1981	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
1982	-	4,833	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8333
1983	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	21
1984	-	10,67	-	-	-	-	-	-	-	-	10,667
1985	-	2,667	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6667
1986	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
1987	-	1	-	-	-	-	-	2	-	4,833	2,6111
1988	-	3,833	-	-	-	-	3,75	4,5	-	7	4,7708
1989	-	6,167	-	-	-	-	2	4,3	-	10	5,6167
1990	-	3,333	-	-	2,67	1,167	3	3	2	5,833	3
1991	-	4,333	-	-	1,33	1,167	3,333	8	3,333	12	4,7857
1992	11	14,17	-	-	1,83	3,167	5,833	12,3	14,67	12	9,375
1993	6	4,167	6,833	-	8,83	6,667	6,667	8,33	10	9,333	7,4259
1994	3,057	6,667	5	-	6,83	5	7,833	6,17	8,667	8,667	6,4322
1995	3,777	2,167	4,333	3	7,5	7	3,5	4,6	5,667	6,333	4,7877
1996	3,5	1,833	9	6	5,5	4	2,667	7,67	5,667	8	5,3833
1997	7,28	4	6,5	7	8	11,67	11,33	5,67	13	13	8,7447
1998	22,67	7,5	22,13	19,17	39,5	20	32,33	28	27	32	25,03
1999	9,347	3	2,667	4,333	4,67	3,167	6	7	9,667	8	5,7847
2000	3,943	5,667	5,167	4,333	3	1,833	4,667	6	3,333	7,667	4,561
2001	7,333	5	8,167	7,333	11,3	4,333	4,667	3,2	6	8,667	6,6033
2002	6,277	2,5	5,167	3,667	6,83	5,667	4,333	2,5	5,333	4,667	4,6943
2003	3,887	4,167	3,833	4,833	1,67	3	3,933	2,67	9	2,667	3,9653
2004	2,443	1,5	3,333	3,333	1,17	2,5	1,433	1,67	2,333	2,167	2,1877
2005	2,443	1,333	4,333	2,267	5,67	1,5	1,167	2	1,833	1,667	2,421
2006	2	2,75	2,167	2,333	1,83		1,433	1,5	2,067	0,667	1,8611
2007	1,333	0,5		3,25	4				1,5		2,1167

- : no hay anillo

5.1 Aproximación de la cronología de ancho de anillos de la especie *Guazuma ulmifolia* comparada con la precipitación y temperatura en el período de 1974 al 2007.

La cronología de los 10 árboles, se agrupó en una serie total como se observa en la gráfica 1 y luego se comparó con las gráficas de precipitación y temperatura de la zona de estudio para ver su relación.

La cronología total muestra que hay un crecimiento mayor en el año 1983 y 1998, el crecimiento promedio aproximado de cada ancho de anillos anualmente es de 5,6mm.

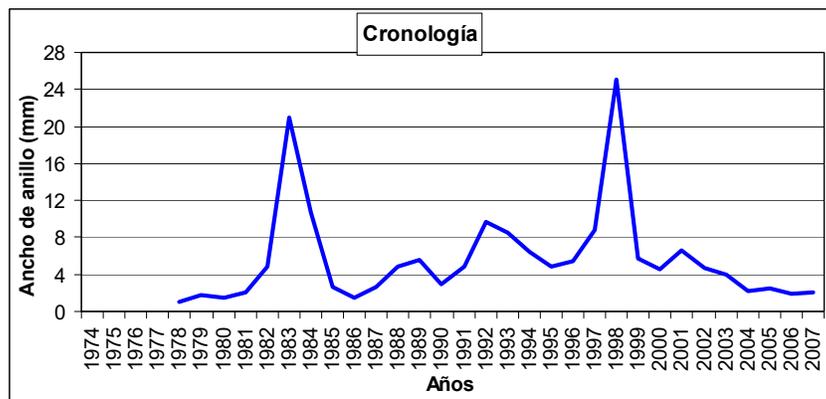


GRÁFICO 1. CRONOLOGÍA TOTAL DE ANCHO DE ANILLOS

Cada árbol dio una cantidad diferente de anillos, el árbol más joven (#4) tiene 13 anillos, los árboles promedio (#5 y #9) tienen 18 anillos, el árbol más viejo (el #2) tiene 30 anillos, cómo se muestra en el gráfico 2.

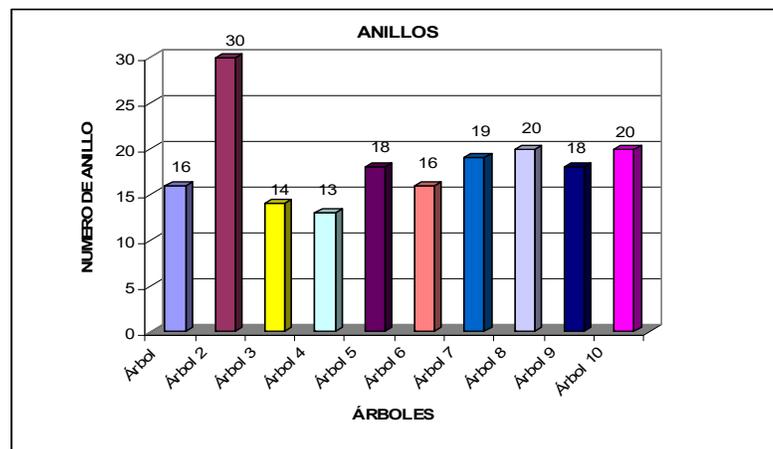


GRÁFICO 2. NÚMERO DE ANILLOS POR CADA ÁRBOL

La curva de crecimiento radial del guasmo, se la comparo con la curva de la precipitación y temperatura del período 1974-2007.

Se noto que el crecimiento radial en *Guazuma ulmifolia* está influenciado, mayormente por la variación de precipitación durante la temporada lluviosa de Diciembre a Abril, en el gráfico 3 se presenta los eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) de los años 1982-1983 y 1997-1998 que causaron un aumento significativo en la precipitación de la región costa Ecuatoriana y un marcado aumento del crecimiento del ancho de anillos de *Guazuma ulmifolia*.

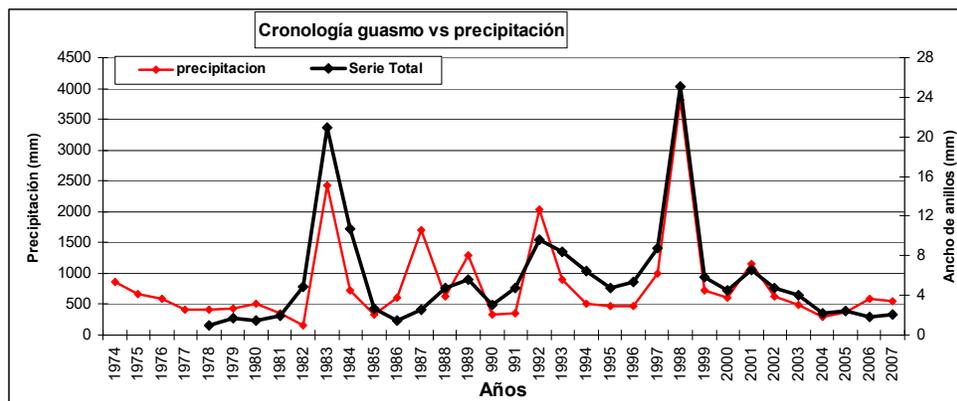


GRÁFICO 3. CRONOLOGÍA DE ANCHO DE ANILLOS CON RESPECTO A LA PRECIPITACIÓN

Los resultados de los anchos de anillos con respecto a la temperatura, indican una influencia de los años 1983 y 1998 mostrando unos puntos que concuerdan en los años Niño. (Ver gráfico 4)

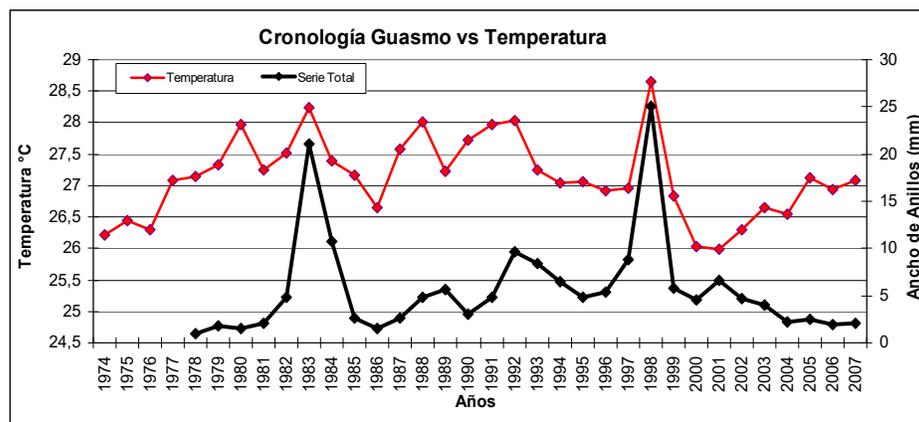


GRÁFICO 4. CRONOLOGÍA DE ANCHO DE ANILLOS Y TEMPERATURA

5.2 Cronología de la precipitación y temperatura en la zona.

La cronología de la precipitación y temperatura de la zona estudiada, se la obtuvo a través de los datos de las estaciones meteorológicas Limoncito (Cedege) y Aeropuerto (INAMHI).

En el gráfico 5, se observa la variabilidad anual de la precipitación; siendo notorio los años 1983-1998 como los años de mayor precipitación llamados Niño Fuerte; en tanto que los años 1987-1992 son considerados como Niños moderados, cabe indicar que el valor medio para la estación es de 804.958 mm de precipitación (ver línea de color de rojo en el gráfico 5).

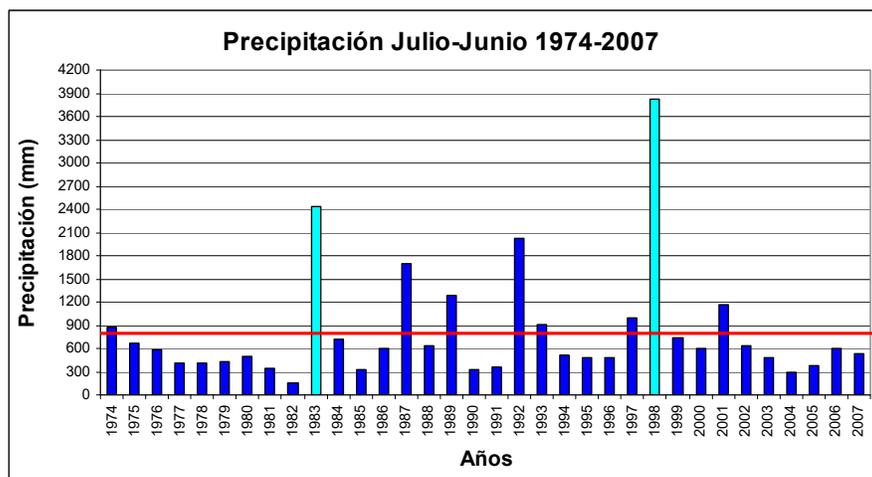


GRÁFICO 5. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL PARA EL PERÍODO 1974-2007

En el gráfico 6 se observa la variabilidad anual de la temperatura; siendo notorio los años 1983-1998 como los años de mayor temperatura llamados Niño fuerte; en tanto que los años 1987,1992 son considerados como Niños moderados. El valor medio de la estación es de 27.132 °C

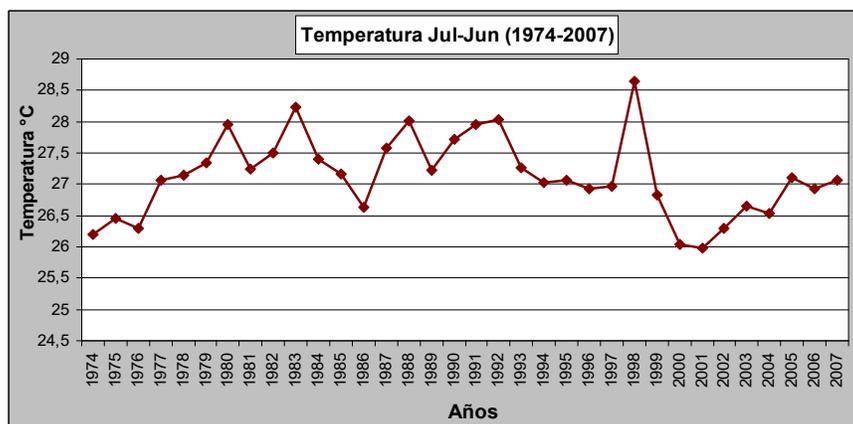


GRÁFICO 6. CURVA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL

5.3 Graficación de la curva de crecimiento de cada árbol de guasmo.

En la gráfica 7, se observa la cronología de 10 árboles que se estudiaron, observando que la mayoría tiene un crecimiento mayor en el año 1998, a excepción del árbol #2 (es un árbol ya maduro y por tanto su crecimiento no es tan alto como cuando fue joven).

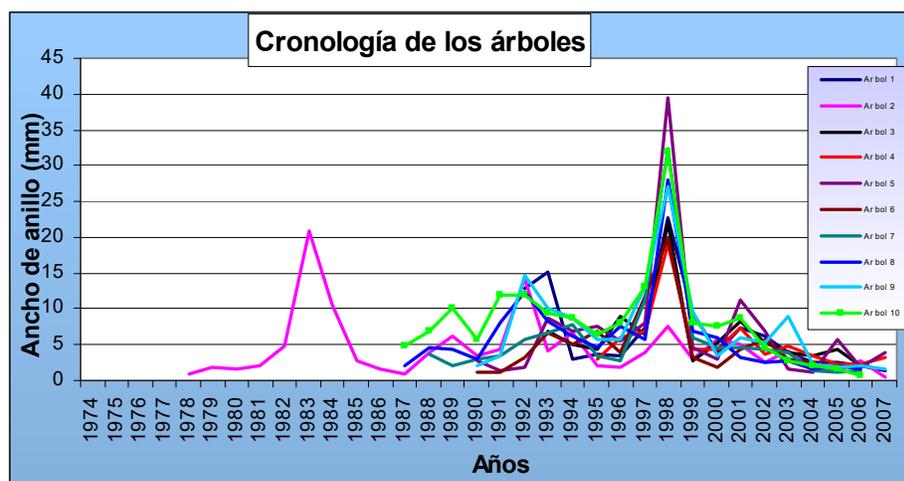


GRÁFICO 7: CRONOLOGÍA DE TODOS LOS ÁRBOLES

En el árbol 4 se obtuvo una cronología de aproximadamente 13 años, desde 1995 hasta el 2007, llegando a alcanzar un crecimiento máximo en 1998 y un bajo crecimiento después del año 2001.

La mayoría de los árboles estudiados como los # 1, 5, 6, 9 tienen 16 y 18 anillos, llegando a tener un crecimiento muy alto en el año 1998 producto del marcado aumento de lluvias en la zona.

El árbol 2, tiene una cronología aproximada de 30 años, el mayor crecimiento radial se da en el año 1983, cuando apareció el evento

ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) que provoca una mayor precipitación con respecto a los años anteriores y una irregularidad con respecto a los años 1992 y 1998, como se muestra en el gráfico 8.

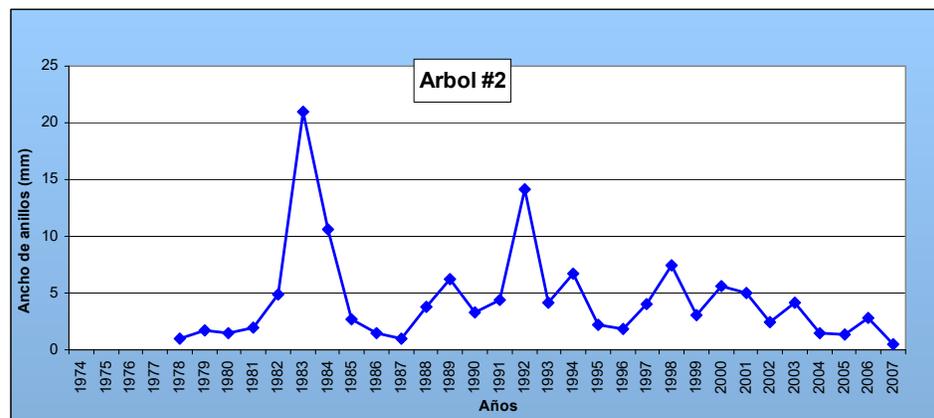


GRÁFICO 8: CRONOLOGÍA DEL ÁRBOL #2

5.4 Correlación de los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura.

La correlación entre los anillos de crecimiento de la serie total contra la precipitación fue de $r=0.86$, la correlación entre la serie total y la temperatura anual es de $r= 0.49$

En el gráfico 9 se muestra la correlación de todos los árboles con la precipitación.

Serie T= Serie total

A= árbol

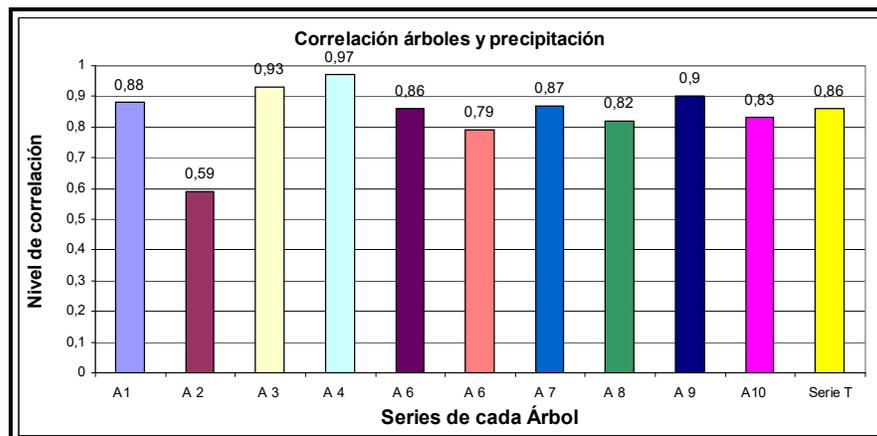


GRÁFICO 9. CORRELACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y LAS SERIES

En el análisis de regresión lineal se obtuvo que el R^2 aplicado a los anillos de crecimiento, la temperatura y precipitación es de 0.74, esto quiere decir que el 74% de la variación de la variable de interés es explicada por el modelo. (Ver tabla 2)

TABLA 2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL

Análisis de regresión lineal			
Variable	N	R^2	R^2A_j
Serie Total	30	0,74	0,72

Al analizar los anillos de crecimiento con la variable temperatura se utilizó un valor de significancia de 0.05 obteniendo un valor $p < 0.4814$, indicando que no hay una diferencia significativa, por tanto se acepta la hipótesis nula de que todas las variables son iguales.

Al analizar los anillos de crecimiento con la variable precipitación se utilizó un valor de significancia de 0.05 obteniendo un valor $p < 0.0001$, lo que indica que si hay diferencia significativa en la variable precipitación, esto indica que la precipitación está relacionada y también influye en el crecimiento de ancho de anillos, aceptando la hipótesis alterna que al menos una variable es diferente (ver tabla 3).

TABLA 3. COEFICIENTES DE REGRESIÓN

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados						
Coef.	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	Valor p
const	-18,03	26,28	-71,96	35,9	-0,69	0,4986
TtJul-Jun	0,7	0,98	-1,31	2,7	0,71	0,4814
ppJul-Jun	0,01	0	0	0,01	7,18	<0.0001

Al analizar las variables anillos de crecimiento, precipitación y temperatura, el análisis de varianza me indica que el modelo con todas las variables me está sobreestimando es decir, que al poner un valor de la variable temperatura en el modelo, éste da resultados muy altos de crecimiento, se procedió entonces a tomar el modelo con una sola variable de expresión o variable independiente como la precipitación.

TABLA 4. ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla de análisis de la varianza SC Tipo III					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	620,53	2	310,26	38,52	<0.0001
TtJul-Jun	4,1	1	4,1	0,51	0,4814
ppJul-Jun	415,71	1	415,71	51,61	<0.0001
Error	217,47	27	8,05		
Total	838	29			

El análisis de varianza me indica que la precipitación es significativa influyendo en el crecimiento de ancho de anillos de la serie total.

5.5 Cálculo de volumen de la especie

De los 10 árboles muertos se cálculo el factor de forma de la especie *Guazuma ulmifolia*, se lo obtuvo a través de los datos de volumen de la formula de Smalian y el volumen del cilindro.

El promedio total de los 10 árboles es de 0,48447103, como factor de forma para calcular el volumen de la especie. (Ver la tabla 5).

TABLA 5. TABLA DE DATOS DE FACTOR DE FORMA

Árbol	Factor de Forma
1	0,4584042
2	0,47084374
3	0,28754801
4	0,58404965
5	0,63050716
6	0,44720485
7	0,32583422
8	0,59101843
9	0,56506911
10	0,48423097

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se obtuvo una cronología de 30 años del período 1978 al 2007, al estudiar los anillos de crecimiento de las muestras de la especie Guasmo (*Guazuma ulmifolia*).
2. Al analizar y relacionar los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura, la que mayor relación dependiente con el crecimiento fue la precipitación.
3. Existe diferencia estadística significativa entre la variable precipitación y los anillos de crecimiento, mostrando que la crecimiento radial esta positivamente relacionado con la precipitación.
4. La presencia del fenómeno climático ENOS (El Niño Oscilación del Sur) en los años 1983 y 1998, influyó en la precipitación provocando una mayor cantidad de lluvias,

esto repercutió en el crecimiento del ancho de anillos comparado con los anteriores años.

5. Se obtuvo el factor de forma promedió de 0.4844 para la especie *Guazuma ulmifolia*, este dato es importante para calcular el volumen de la especie guasmo.

6.2 Recomendaciones

1. La dendrocronología es una buena opción para hacer estudios de la dinámica de crecimiento de árboles.
2. Impulsar la dendrocronología para realizar reconstrucciones climáticas, para contribuir a desarrollar modelos de predicción de clima para uso meteorológico en lugares donde no hay estaciones meteorológicas.
3. Realizar estudios de anatomía de la madera en el Bosque seco tropical de la península de Santa Elena para determinar en qué momento se forma los anillos de crecimiento en el período lluvioso o seco.
4. Hacer más estudios de dendrocronología en la misma especie y replicar en otras especies más longevas en la región costa de Ecuador para ver su potencial dendrocronológico.

APÉNDICES

APÉNDICE A FASE DE CAMPO

IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR, ESPECIE, EXTRACCIÓN



Lugar de muestreo



Medición de largo de fuste



Medición de circunferencia



Corte de muestras



Extracción de la muestra



Codificación de la muestra



Secciones terminadas: Lijado y Pulido

APÉNDICE B

FASE 2: DE LABORATORIO

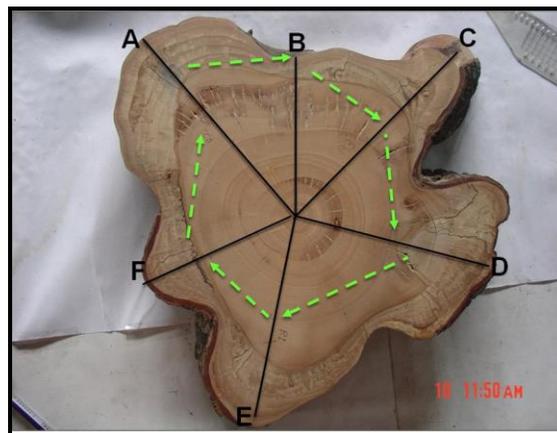
VERIFICACIÓN DE ANILLOS



Verificación de anillos



Identificación de anillos



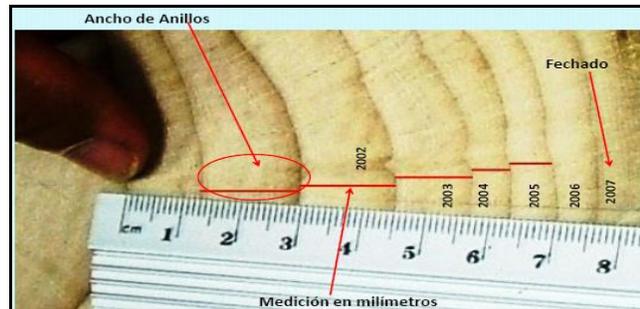
Trazado de radios para Identificar los anillos

CONTEO



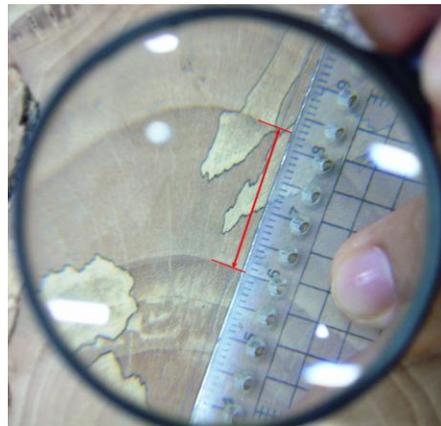
Conteo de anillos

FECHADO



Fechado (año) de cada anillo

MEDICIÓN DEL ANCHO DE ANILLOS



Medición de ancho de anillos con al regla



Señalización de los años con mayor precipitación

APÉNDICE C

Fecha 17-Jul-08

Arbol: 1

Inventariado por: Fabián Sntaxi

Área: 0.6Ha

Especie: *Guazuma Ulmifolia*

Nombre Vulgar: Guasmo

Edad: 16 años

AÑO	s4	s3	s2	Suma	Promedio
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992	12,5	13	13,3	38,8	12,93333
1993	14,7	16	15	45,7	15,23333
1994	3,17	3	3	9,17	3,056667
1995	4,17	3,33	3,83	11,33	3,776667
1996	3,67	3,33	3,5	10,5	3,5
1997	9	6,67	6,17	21,84	7,28
1998	22,2	23,8	22	68	22,66667
1999	10,2	8,17	9,67	28,04	9,346667
2000	3	4,33	4,5	11,83	3,943333
2001	7,5	6,67	7,83	22	7,333333
2002	6,17	6,33	6,33	18,83	6,276667
2003	2,83	4	4,83	11,66	3,886667
2004	2,83	2,33	2,17	7,33	2,443333
2005	2,17	2,33	2,83	7,33	2,443333
2006	2	2	2	6	2

APÉNDICE D

Fecha 17-jul-08
 Inventariado por: Fabian Suntaxi
 Especie: *Guazuma Ulmifolia*
 Edad: 30 años

Árbol: # 2
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R3	GR3	2AR3	S	A2M
1976					
1977					
1978	1	1		2	1
1979	1	2,5		3,5	1,75
1980	2	1		3	1,5
1981	2	1	3	6	2
1982	4,5	1	9	14,5	4,8333
1983	20	17	26	63	21
1984	10	11	11	32	10,667
1985	1,5	1,5	5	8	2,6667
1986	2	1	1,5	4,5	1,5
1987	1	0,5	1,5	3	1
1988	1,5	2	8	11,5	3,8333
1989	4	4	10,5	18,5	6,1667
1990	1	6	3	10	3,3333
1991	2	3	8	13	4,3333
1992	13	11	18,5	42,5	14,167
1993	3	2	7,5	12,5	4,1667
1994	7,5	5	7,5	20	6,6667
1995	2,5	2	2	6,5	2,1667
1996	1,5	1	3	5,5	1,8333
1997	1,5	1,5	9	12	4
1998	3	13	6,5	22,5	7,5
1999	1	4	4	9	3
2000	2	8	7	17	5,6667
2001	3	8	4	15	5
2002	1	5	1,5	7,5	2,5
2003	1,5	10	1	12,5	4,1667
2004	0,5	2	2	4,5	1,5
2005	0,5	2	1,5	4	1,3333
2006	3,5	2		5,5	2,75
2007	0,5	0,5		1	0,5

APÉNDICE E

Fecha: 17Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: *Guazuma Ulmifolia*
 Edad: 14 años

ÁRBOL: # 3
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R1	R2	R3	s	A3M
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993	6	7,5	7	20,5	6,8333
1994	4,5	5	5,5	15	5
1995	5,5	4	3,5	13	4,3333
1996	12	8	7	27	9
1997	9	8	2,5	19,5	6,5
1998	24	33	9,4	66,4	22,133
1999	4	2	2	8	2,6667
2000	8	7	0,5	15,5	5,1667
2001	10	14	0,5	24,5	8,1667
2002	7	8	0,5	15,5	5,1667
2003	6	5	0,5	11,5	3,8333
2004	5,5	4	0,5	10	3,3333
2005	5	7,5	0,5	13	4,3333
2006	2	4	0,5	6,5	2,1667

APÉNDICE F

Fecha: 17-Jul 08
 inventariado por: Fabian Sntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 13 años

ÁRBOI: # 4
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R2	R3	R4A	SUMA	A4P
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995			3	3	3
1996	4	4	10	18	6
1997	9	9	3	21	7
1998	17	17,5	23	57,5	19,167
1999	3	5	5	13	4,3333
2000	2	4	7	13	4,3333
2001	5	7	10	22	7,3333
2002	2,5	7	1,5	11	3,6667
2003	5	7,5	2	14,5	4,8333
2004	5	2	3	10	3,3333
2005	2,5	1,5	2,8	6,8	2,2667
2006	4	2	1	7	2,3333
2007	5	1,5		6,5	3,25

APÉNDICE G

Fecha: 17-Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 18 años

ÁRBOL: # 5
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R2	R4	R6	S	A5P
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990	3	3	2	8	2,667
1991	1	2	1	4	1,333
1992	1	3,5	1	5,5	1,833
1993	7	15	4,5	26,5	8,833
1994	6,5	10	4	20,5	6,833
1995	7,5	7	8	22,5	7,5
1996	4	6,5	6	16,5	5,5
1997	10	3	11	24	8
1998	33,5	53	32	118,5	39,5
1999	6	2	6	14	4,667
2000	3	2	4	9	3
2001	16	2	16	34	11,33
2002	7	1	12,5	20,5	6,833
2003	1	0	4	5	1,667
2004	2,5	0	1	3,5	1,167
2005	10	0	7	17	5,667
2006	4,5	0	1	5,5	1,833
2007	8	0	4	12	4

APÉNDICE H

Fecha: 17-Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 16 años

ÁRBOL: # 6
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R1	R5	R5	s	A6P
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990	1,5	1	1	3,5	1,167
1991	1,5	1	1	3,5	1,167
1992	6,5	1,5	1,5	9,5	3,167
1993	12	4	4	20	6,667
1994	7	4	4	15	5
1995	7	7	7	21	7
1996	3	4,5	4,5	12	4
1997	9	13	13	35	11,67
1998	14	23	23	60	20
1999	1,5	4	4	9,5	3,167
2000	1,5	2	2	5,5	1,833
2001	6	3,5	3,5	13	4,333
2002	1	8	8	17	5,667
2003	1	4	4	9	3
2004		2,5	2,5	5	2,5
2005		1,5	1,5	3	1,5

APÉNDICE I

Fecha: 17-Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suintaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 19 años

ÁRBOL: # 7
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R3	R4	R3A1	s	A7P
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988	3,5	4		7,5	3,75
1989	1,5	2,5		4	2
1990	2,5	3,5		6	3
1991	2	2	6	10	3,333333
1992	5	6,5	6	17,5	5,833333
1993	10	7	3	20	6,666667
1994	11,5	9	3	23,5	7,833333
1995	5	3,5	2	10,5	3,5
1996	3	3	2	8	2,666667
1997	17,5	14	2,5	34	11,333333
1998	45,5	31	20,5	97	32,333333
1999	9,5	6,5	2	18	6
2000	8	3,5	2,5	14	4,666667
2001	11	1,5	1,5	14	4,666667
2002	10	1	2	13	4,333333
2003	8	0,8	3	11,8	3,933333
2004	1	0,8	2,5	4,3	1,433333
2005	1	0,5	2	3,5	1,166667
2006	1,5	0,8	2	4,3	1,433333

APÉNDICE J

Fecha: 17-Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 20 años

ÁRBOL: # 8
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R1	R2	R1b	s	A8P
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987	2	2		4	2
1988	4,5	4,5		9	4,5
1989	4,6	4		8,6	4,3
1990	3	3		6	3
1991	10	9	5	24	8
1992	17	10	10	37	12,3333
1993	12	9	4	25	8,33333
1994	7,5	7	4	18,5	6,16667
1995	6	4,8	3	13,8	4,6
1996	8	7	8	23	7,66667
1997	6	6	5	17	5,66667
1998	44	19	21	84	28
1999	13	2	6	21	7
2000	7	6	5	18	6
2001	4	2,6	3	9,6	3,2
2002	1,5	1,5	4,5	7,5	2,5
2003	2	1	5	8	2,66667
2004	1	1	3	5	1,66667
2005	1	1	4	6	2
2006	1,5	0,5	2,5	4,5	1,5

APÉNDICE K

Fecha: 17-Jul 08
 inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 18 años

ÁRBOL: # 9
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R4	R5	R3B	S	A9P
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990	2	2		4	2
1991	3	3	4	10	3,333
1992	13	17	14	44	14,67
1993	8	11	11	30	10
1994	8	9	9	26	8,667
1995	3	11	3	17	5,667
1996	5,5	6,5	5	17	5,667
1997	16	11	12	39	13
1998	25	24	32	81	27
1999	10	11	8	29	9,667
2000	3	5	2	10	3,333
2001	5	5	8	18	6
2002	5	2	9	16	5,333
2003	6	2	19	27	9
2004	0,5	0,5	6	7	2,333
2005	0,5	0,5	4,5	5,5	1,833
2006	0,5	0,7	5	6,2	2,067
2007	0,5	0,5	3,5	4,5	1,5

APÉNDICE L

Fecha: 17-Jul 08
 Inventariado por: Fabián Suntaxi
 Especie: Guazuma Ulmifolia
 Edad: 20 años

ÁRBOL: # 10
 Área: 0.6Ha
 Nombre Vulgar: Guasmo

AÑO	R1	R2	R3	S	10 M
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987	3,5	6	5	14,5	4,83333333
1988	2	10	9	21	7
1989	8	12	10	30	10
1990	5	7	5,5	17,5	5,83333333
1991	10	11	15	36	12
1992	17	10	9	36	12
1993	6	13	9	28	9,33333333
1994	14	6	6	26	8,66666667
1995	7	7	5	19	6,33333333
1996	8	12	4	24	8
1997	3	22	14	39	13
1998	50	33	13	96	32
1999	4	13	7	24	8
2000	10	9	4	23	7,66666667
2001	17	6	3	26	8,66666667
2002	10	2	2	14	4,66666667
2003	6	1	1	8	2,66666667
2004	2	2	2,5	6,5	2,16666667
2005	2	1,5	1,5	5	1,66666667
2006	1	0,5	0,5	2	0,66666667

APÉNDICE M

Datos de los árboles georeferenciados

ÁRBOL	Latitud	Longitud	msnm
1	S2° 11.9'33"	W80°15.0'06"	134 m
2	S2° 11.9'14"	W80°14.9'95"	126 m
3	S2° 11.9'14 "	W80°14.9'67"	119 m
4	S2° 11.9'16 "	W80°14.9'54"	118 m
5	S2° 11.9'22 "	W80°14.9'43"	118 m
6	S2 11.932	W80 14.951	115 m
7	S2° 11.9'32 "	W80°14.9'51"	118 m
8	S2° 11.9'25"	W80°14.9'42"	130 m
9	S2° 11.9'25"	W80°14.9'37"	127 m
10	S2 11.925	W80 14.937	125 m

APÉNDICE N

Infostat 1

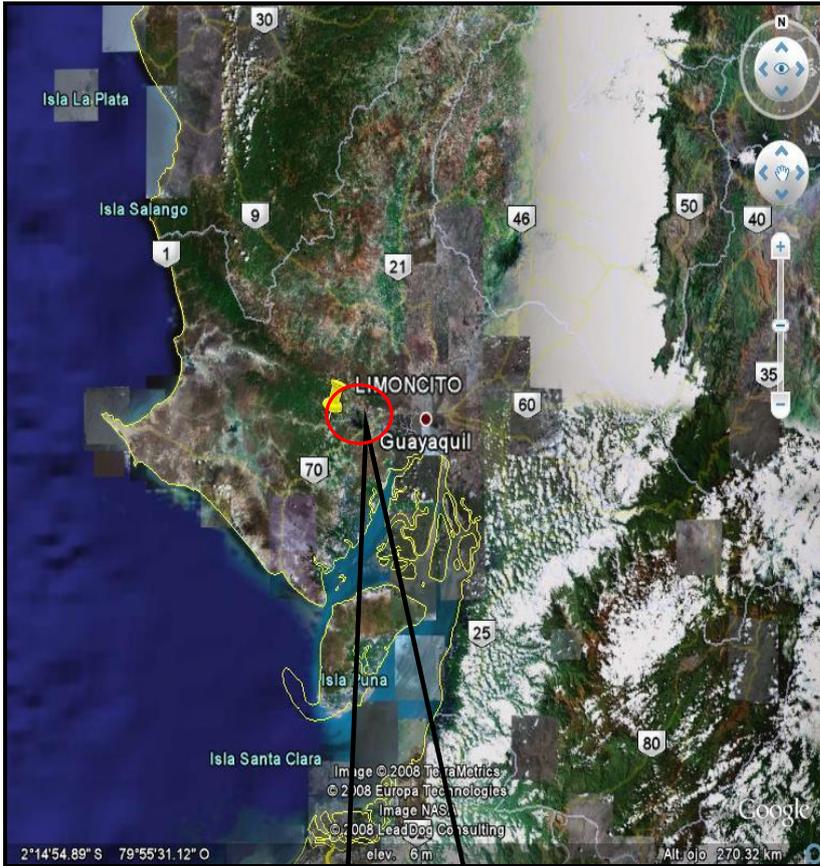
Correlacion de Pearson

	Tt Jul-jun	Pp Jul-Jun	A1	A2	A4	A5	A6	A7	A10	A11	A13	A15	Serie T
Tt jul-jun	1	0	0	0,03	0,01	0,01	0,07	0,11	0,04	0	0,02	0,01	0,01
Pp jul-jun	0,48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1	0,67	0,88	1	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,41	0,59	0,56	1	0,03	0	0,39	0,48	0,13	0,01	0,01	0,02	0
A4	0,69	0,93	0,8	0,58	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0,68	0,97	0,94	0,77	0,97	1	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,44	0,86	0,76	0,22	0,96	0,95	1	0	0	0	0	0	0
A7	0,41	0,79	0,72	0,19	0,85	0,88	0,9	1	0	0	0	0	0
A10	0,48	0,87	0,81	0,36	0,9	0,96	0,93	0,92	1	0	0	0	0
A11	0,6	0,82	0,87	0,55	0,93	0,94	0,83	0,76	0,9	1	0	0	0
A13	0,54	0,9	0,89	0,61	0,84	0,93	0,79	0,85	0,91	0,89	1	0	0
A15	0,57	0,83	0,86	0,51	0,93	0,97	0,85	0,83	0,92	0,94	0,88	1	0
Serie T	0,49	0,86	0,9	0,75	0,94	0,98	0,91	0,89	0,96	0,96	0,95	0,96	1

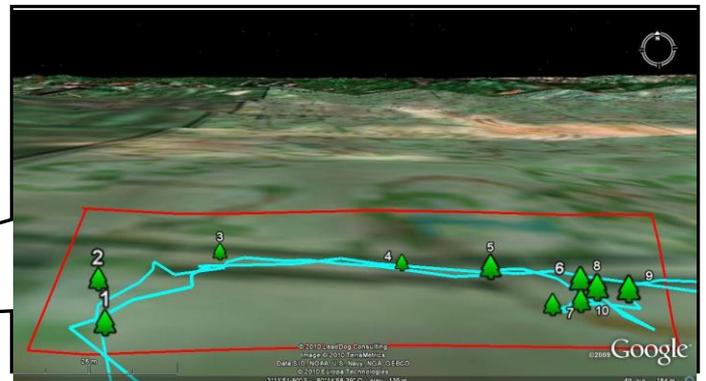
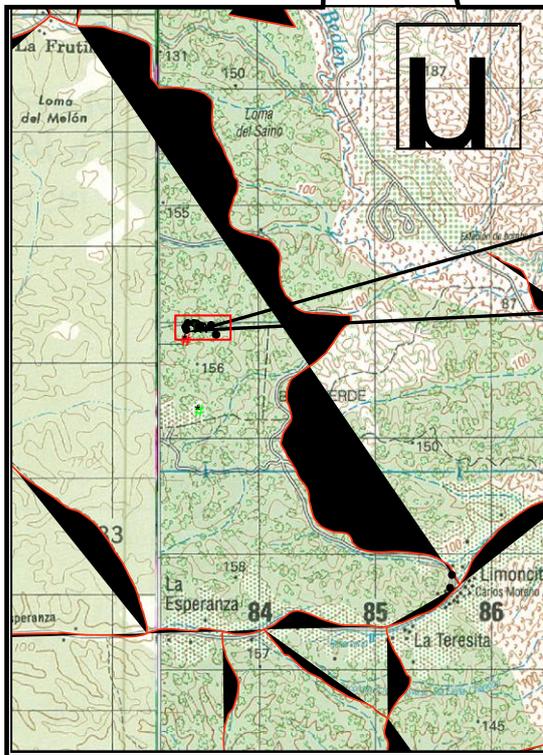
APÉNDICE O

Detalle de ancho de anillos de cada serie en milímetros

AÑO	A 1	A 2	A 3	A4	A 5	A 6	A7	A8	A 9	A10	Serie T
1978		1									1
1979		1,75									1,75
1980		1,5									1,5
1981		2									2
1982		4,8333									4,83333
1983		21									21
1984		10,667									10,6667
1985		2,6667									2,66667
1986		1,5									1,5
1987		1						2		4,8333	2,61111
1988		3,8333					3,75	4,5		7	4,77083
1989		6,1667					2	4,3		10	5,61667
1990		3,3333			2,6667	1,1667	3	3	2	5,8333	3
1991		4,3333			1,3333	1,1667	3,3333	8	3,333	12	4,78571
1992	12,933	14,167			1,8333	3,1667	5,8333	12,33	14,67	12	9,61667
1993	15,233	4,1667	6,833		8,8333	6,6667	6,6667	8,333	10	9,3333	8,45185
1994	3,0567	6,6667	5		6,8333	5	7,8333	6,167	8,667	8,6667	6,43222
1995	3,7767	2,1667	4,333	3	7,5	7	3,5	4,6	5,667	6,3333	4,78767
1996	3,5	1,8333	9	6	5,5	4	2,6667	7,667	5,667	8	5,38333
1997	7,28	4	6,5	7	8	11,667	11,333	5,667	13	13	8,74467
1998	22,667	7,5	22,13	19,17	39,5	20	32,333	28	27	32	25,03
1999	9,3467	3	2,667	4,333	4,6667	3,1667	6	7	9,667	8	5,78467
2000	3,9433	5,6667	5,167	4,333	3	1,8333	4,6667	6	3,333	7,6667	4,561
2001	7,3333	5	8,167	7,333	11,333	4,3333	4,6667	3,2	6	8,6667	6,60333
2002	6,2767	2,5	5,167	3,667	6,8333	5,6667	4,3333	2,5	5,333	4,6667	4,69433
2003	3,8867	4,1667	3,833	4,833	1,6667	3	3,9333	2,667	9	2,6667	3,96533
2004	2,4433	1,5	3,333	3,333	1,1667	2,5	1,4333	1,667	2,333	2,1667	2,18767
2005	2,4433	1,3333	4,333	2,267	5,6667	1,5	1,1667	2	1,833	1,6667	2,421
2006	2	2,75	2,167	2,333	1,8333		1,4333	1,5	2,067	0,6667	1,86111
2007	1,3333	0,5		3,25	4				1,5		2,11667



MAPA DE ECUADOR



Georeferenciación de los árboles

Comuna Limoncito-Península de Santa Elena

FIGURA 10. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO. (Autor)

GLOSARIO

Anillo anual

En la madera y en la corteza; capa de crecimiento correspondiente al periodo de un año, según se observa en la sección transversal de un tronco

Albura

(de albor: blancura) parte viva del leño de un árbol.

Área basal

Es el área del fuste a la altura del pecho. Se calcula dividiendo π para 4 y multiplicándolo para el cuadrado del DAP.

Bosque natural

Es un bosque formado sin la intervención del hombre, conformado por una o por varias especies de árboles

Bosque seco

al bosque nativo que aparenta una vegetación muy frondosa en la época de lluvias y defolia (caen sus hojas) en época seca.

Cámbium

(Del latín cambium = intercambio, vasculum = pequeño vaso) En las plantas leñosas, capa de tejido meristemático entre el xilema y el floema,

cuyas células se dividen por mitosis produciendo floema secundario hacia fuera y xilema secundario hacia adentro

CAP

Circunferencia a la Altura del Pecho.

Corcho

(del latín córtex = corteza): La capa más externa de la corteza de las plantas en plantas leñosas; compuesta de células muertas. Tejido secundario, constituyente principal de la corteza, protege a los tejidos vasculares.

Caducifolia

Árboles y arbustos que no se conservan verdes todo el año porque se les cae la hoja (estación fría o seca).

Cronología

Ciencia que tiene por objeto determinar el orden y fechas de los sucesos históricos.

DAP

Diámetro a la altura del Pecho.

Densidad

Es el número total de individuos dividido para el área muestreada.

Dominancia

Es el total del área basal dividido para el área muestreada.

Duramen

Parte muerta del leño de un árbol, de mayor consistencia y color más oscuro.año

ENOS (El Niño Oscilación Sur)

Es un evento climático que tiene que ver con el calentamiento inusual de las aguas superficiales del Océano Pacífico frente a las costas de Ecuador y Perú.

Fenología

Estudio de las etapas del desarrollo y fenómenos periódicos, como la foliación, floración, latencia y su relación con cambios climáticos estacionales como temperatura y duración del día.

Hipsómetro

Instrumento de medición que se utiliza para conocer la altura de los árboles, el cual mide las altitudes geográficas utilizando la dependencia existente entre el punto de ebullición de los líquidos y la presión atmosférica (relacionada con la altitud).

Podón

Herramienta para podar, con mango a modo de martillo y una boca en forma de hacha y la otra en forma de cuchillo. Utilizada para la recolección de muestras botánicas.

Población

Grupo de individuos de cualquier clase, generó o especie.

Perennifolia

Vegetación que no pierde sus hojas y que los mantiene verdes durante el

Volumen

Es el volumen del árbol realizado de acuerdo a los parámetros establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2003/jul-ago/art-10.pdf>.
- (2) AGUDELO, C.1983. Estudios florísticos y climáticos del Cañón Quindío. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de ciencias naturales, museo de historia nacional, documento de biología N° 2. 13 pág.
- (3) Centro Regional De Predicciones Y Estudios Metereologicos Y Climáticos Del Litoral Ecuatoriano-INAMHI-Guayaquil.
- (4) Comisión De Estudios Para El Desarrollo De La Cuenca Del Río Guayas -CEDEGE .datos meteorológicos de estación Limoncito 1974-2006.
- (5) CORDOVA M 2003."Reconstrucción climática a partir del anillado de los árboles de la costa norte del Perú" Pág. 143.
- (6) CAÑADAS CRUZ LUIS Ing. -1983 -El Mapa Bioclimático Y Ecológico Del Ecuador MAG-Pronareg.
- (7) Dr. HANS LAMPRECHT.1990 .Silvicultura en los trópicos –los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas,

posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Cooperación técnica república federal de Alemania ISBN3-88085-440-8(GTZ).

(8) GOMEZ, N.1989. Elementos de geografía del Ecuador. El hombre y el medio. Quito, Ec.ediciones Ediguías. 190 pág.

(9) Instituto Nacional De Metereologia E Hidrologia. INAMHI. Anuários Meteorológicos 1960 al 2005.

(10) Instituto Oceanográfico De La Armada. Anuarios metereologicos. Datos metereologicos 1981-2005.

(11) JOSE LOPEZ-AYALA, JUAN VALDEZ-HERNÁNDEZ, TERESA TERRAZAS,J.RENE VALDEZ-LAZALDE, “Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de colima-México”,forestal,botanica,campus montecillo, colegio de postgraduados.

(12) M.Sc.Rodolfo Rodríguez 2008. Curso de Dendrocronología Básica .Universidad de Piura.Facultad de ingenieria.laboratorio de dendrocronologia.

(13) SOLER BURILLO MANUEL, CIGALAT FIGUEROLA ENRIQUE. Guía De Las Principales Maderas Y De Su Secado, -Ediciones Mundi Prensa-Opti Thermal S.L –ESPAÑA.

(14) PADILLA GARCÍA HIGINIO. Glosario Practico De Términos Forestales., Ingeniero Agrónomo Especialista En Bosques, Universidad Autónoma De Chapingo, Editorial –Limusa-CIB-ESPOL – 34860.

(15) PRADO,S. y SUSPERREGI.J.2000 “La Dendrocronologia . Definición Y Breve Historia”. Arkeolan. Boletín informativo semestral, nº 9/2000, Pág. 8-13.

(16) PHD.JUAN IGNACIO VALDEZ .Taller de dendrocronología básica, ESPOL-2008.

(17) SENA autor: Seminario sobre secado de la madera, Medellín, Mayo de 1987, Edición en la biblioteca virtual: Bogotá Mayo de 2007, notas Clases de madera y su utilización.

(18) SIERRA R.et al 1999. propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. Quito, ec.pag104, 105.

(19) SCHIAPPACASSE IGNACIO L. “Evaluación De La Capacidad Del Coihue (Nothofangus Dombeyi) Para Registros Sísmicos”-Tesis-Ingeniero Forestal 2007. Pontifica Universidad Católica De Valparaíso –Chile.

(20) TACURI GANZHI JOSE OSWALDO. “Estudio Anatómico de las Especies Arbóreas del Bosque Nublado de la Estación Científica San Francisco “-tesis ingeniero forestal-Loja 2006. universidad nacional de Loja.

(21) Thomas W.Swetnam, Marna Ares Thompson, Elaine Kennedy Sutherland. “Using Dendrochronology to Measure Radial Growth of Defoliated Trees”. United States Department of Agriculture-Forest Service - Agriculture Spruce Budworms Handbook N.-639.

(22) URRUTIA JALABERT ROCIO BEATRIZ “Desarrollo De Una Cronología De Anchos De Anillos Para Alerce (Fitzroya Cupressoides) Y Reconstrucción De La Historia De Incendios En El Área De Abtao, parque Nacional Chiloé Región”-Tesis- Ingeniero Forestal –Pontifica Universidad Católica De Chile .

(23) Flor María Valverde Badillo.Plantas Útiles Del Litoral Ecuatoriano, Pág. 131.

- (24) www.Arkeolan.com/dendrocronologia.vas.
- (25) <http://web.utk.edu/~grissino/>.
- (26) http://www.lablaa.org/blaavirtual/ciencias/sena/carpinteria/madera/indic_e.htm.
- (27) http://www.accionecologica.org/webae/index.php?option=com_content&task=view&id=481&Itemid=39.
- (28) www.wordreference.com/definicion/.
- (29) <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2003/jul-ago/art-10.pdf>.
- (30) <http://www.todoexpertos.com/categorias/cienciasingenieria/respuestas/928925/hipsometro>.
- (31) http://www.biosci.uga.edu/almanac/bio_104/notes/apr_10.html.
- (32) http://wiscinfo.wisc.edu:2070/I9/.image/.bot/.130/Woody_Stems/Tilia_S tem__cross_sections/Primary_Growth/Whole_Cross_Section.

(33) http://www.darwinnet.org/e_mes_1.htm.

(34) http://www.histologiaengrosamiento_secundario.htm.

(35) <http://wdc.cricyt.edu.ar7paleo/es/primer.html>.

(36) Alirio Pérez Mogollon, "Apuntes de Anatomía De La Madera."Universidad de los Andes Facultad de Ciencias Forestales. Mérida Venezuela pag129-132.

(37) Fidel A.Roig, Juan Jimenez Osornio, Jose Villanueva, Brian Luckman, Holm Tiessen, Andrea Medina, Elke J.Noellemeyer. "Anatomy of growth rings at he Yucatán Península".

(38) RAYMOND S.BRADLEY,"PALEOCLIMATOLOGY Reconstructing climates of the Quaternary "second edition, university of Massachusetts ,cap 10.

(39) CLIRSEN,Estudio de cambio climático en el ecuador "evaluación de las opciones de mitigación forestal ",el cambio climático en el Ecuador, revista 47 años INAMHI, pág. 5.

(40) MARIANO S. MORALES, “Influencias Climáticas Y Antrópicas En La Dinámica Del Bosque De *Prosopis Ferox* En La Quebrada De Humahuaca, Jujuy, Argentina.” Tesis de Doctorado en ciencias biológicas pág. 34.

(41) http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_an_exos/guazuma_ulmifolia.pdf.

(42) <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Guazumaulmifolia.pdf>.

(43) <http://data.gbif.org/species/browse/taxon/18638688>(Catalogue of Life: 2007 Annual Checklist: The Integrated Taxonomic Information System)

(44) C.Dodson, A.Gentry, F.Valverde, Flora de Jauneche an account of the flora of a tropical moist forest in west-central Ecuador, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales 2005, pag 456.

(45) Proyecto Dipecho, CIIFEN, UNDP, COMISION EUROPEA- Ayuda Humanitaria “Guía para la preparación comunitaria: Comprendamos al clima para vivir con él”.

(46) Fotos de campo de Fabián Suntaxi.