PD-AAX-181
54343
JE-05

College of Forestry, Wildlife and Range Sciences

Forest, Wildlife and Range Experiment Station

University of Idaho

PDAAX-181

54343

Progress Report

CLASSIFICATION OF THE UPLAND PINE FOREST OF CENTRAL HONDURAS FOR SITE QUALITY AND PRODUCTIVITY

AID/SCI 2E - 05

March 15, 1985

CONTENTS

Progress Report 1

Figure 1 Plot Locations 4

Appendix I-Paper to be presented at IX World Forestry Congress in Mexico City

Appendix II-Field Mapping Methodology

Appendix III-Amendment to Limited Scope Agreement AID/SCI 2E-05

-1-

BIANNUAL REPORT 3

CLASSIFICATION OF THE UPLAND PINE FORESTS OF CENTRAL HONDURAS FOR SITE QUALITY AND PRODUCTIVITY

USAID/SCI 2E-05

INTRODUCTION

"A Classification of the Pine Forests of Central Honduras" is a cooperative project between the Escuela Nacional de Ciencias Forestal (ESNACIFOR) in Honduras and the University of Idaho in the United States. The project is funded by the Corporacion Hondureno de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) and the United States Agency for International Development (USAID). The objective is to develop a forest site classification which will provide relative site quality and productivity information for the *Pinus oocarpa* forests centered around Siguatepeque, Honduras.

This third biannual report covers the project activities from September 15, 1984 to March 15, 1985. Accomplishments include:

1. completion of the field sampling,
2. construction of preliminary growth curves and equations to define the productivity of *Pinus oocarpa*,
3. initiation of the field mapping,
4. amending the project agreement to extend the completion date and reorganize the funding (Appendix III),
5. writing a project paper to be presented at the IX World Forestry Congress in Mexico City (Appendix I).

PERSONNEL

The personnel associated with the project remained relatively constant over the period of this report, especially as regards the scientists and administrators. A few changes occurred among the field technicians and workers. Principal personnel include:

Dr. Ruben Guevara, Director, ESNACIFOR
Ing. Francisco Garcia, Chief-Research Section, ESNACIFOR
Ing. Cesar Alvarado, Co-leader, ESNACIFOR
Prof. Fred Johnson, Co-leader/Vegetation Ecologist, U. of Id.
Das. Ricardo Bueso, Cartographer/Mensurationist, ESNACIFOR
Tom Dechert, Field Coordinator/Soil Scientist, Univ. of Idaho
Ing. Conrado Valdes, Soil Scientist, ESNACIFOR
Ing. Noe Perez, Mensurationist/Data Administrator, ESNACIFOR
Dr. Charles Stiff, Mensurationist/Data Analyst, Univ. of Idaho
Ing. Omar Hernandez, Vegetation Taxonomist, ESNACIFOR
Das. Mauricio Cubas, Vegetation Specialist, ESNACIFOR
Das. Danilo Villalobos, Soils Specialist, ESNACIFOR
Das. Ernesto Padilla, Mensurationist, ESNACIFOR

Assistance in plant identification:
Prof. Cirilo Nelson, Universidad Nacional Autonom. de Honduras, Tegucigalpa
Prof. Antonio Molina, Escuela Agricola Panamericana, El Zamorano

Profs. Fred Johnson and Charles Stiff were present in Honduras from Feb. 26 through March 6, 1985.

In addition, various secretaries, technicians, and chain saw operators from ESNACIFOR contributed to the project activities. To date, the project has been unable to enlist the services of a trained cartographer from COHDEFOR. As the project moves into the final mapping phase, it appears that personnel from ESNACIFOR will have to be trained to do this work. The request for a soil scientist through Peace Corps/Honduras was denied and therefore, another soil technician, Das. Danilo Villalobos, was trained to work on the project. Similarly, another mensurationist, Das. Ernesto Padilla, was trained during this period.

GENERAL PROJECT METHODOLOGY

An ecological site classification system is to be developed using vegetation (understory and overstory), climate, geology, landforms, soils, fire, pasturing, etc.. The idea is to develop a methodology which can eventually be used to classify all of the Honduran forest lands. This site classification system will allow Honduran foresters to make rational allocations of money and personel for managment of future wood supplies.

The project consists of six phases:

1. Growth District delineation using existing maps of physiography, soils, geology, isohyetals, life zones, aerial photos, and ground reconnaissance;
2. field sampling to refine growth districts into site units and provide data on pine growth and yield, vegetation, soils, and physiography;
3. data analysis for productivity and description of the site units;
4. field mapping of site units from transects and aerial photo interpretation;
5. integration of plot and growth data into the site units;
6. final maps, site descriptions, and report.

MATERIALS AND EQUIPMENT

Equipment being used for the project has either been provided by COHDEFOR/ESNACIFOR, or been purchased through the Univ. of Idaho using USAID funds. Most of the equipment previewed to have been purchased using USAID funds is now on site in Siguatepeque. Some small purchases remain to be made to complete the project. The HACH soil testing kits have apparently been lost in the Honduran customs process.

The situation with the two CJ-7 jeeps remains as a serious impediment to project progress. Considerable time and money has been spent trying to fix them, and still they do not function. The research section at ESNACIFOR has been providing vehicles for project use. We are not optimistic that the two jeeps can be made functional for long-term use without continuing outlay of funds.

METHODOLOGIES

As this project progresses from phase to phase, different parts of the overall methodology are put into action. Detailed methodologies for the Growth District delineation phase and the field sampling phase have been presented in the earlier biannual reports. This report presents the methodologies for the data analysis phase and the field site mapping phase. The methodology for the data analysis is presented in the paper to be presented at the IX World Forestry Congress in Mexico City (Appendix I). The methodology for the field site mapping phase is presented in Appendix II.

As noted in the second biannual report (page 4), the mapping may have to "be drastically reduced to much less than one growth district if project funding limits field work and map preparation." This is exactly the decision we have had to make given the negative results of our search for more funds. The project proposal envisioned a map only of the ESNACIFOR school forest and some of the surrounding area--something on the order of 10,000 ha. We shall proceed to map at least this area, plus whatever field time allows before the onset of the rains this season. It is indeed unfortunate that a larger area representing more of the growth district cannot be mapped.

FIELD ACTIVITIES

A total of 70 more field plots were completed in this period. These plots were placed in the areas of San Isidro, Zambrano, Talanga, Cedros, Lepaterique, and La Paz, thus extending the total sample in a southeasterly direction from those done last year. In this manner, samples have been well distributed around the growth district (see Figure 1). It was determined, after doing the initial data analyses, that 200 plots would be sufficient to define the growth district. This was largely the result of 1) the homogeneity of the area being studied, 2) the rigorous standards of ecological stratification, and 3) the high proportion of useable data generated by well-trained field crews.

In addition, work has begun running the field transects for the mapping phase of the project (see Appendix II for the complete mapping procedure). It is expected that 200 - 300 transects will be completed by the end of May--the end of this field season. In general, the transects were begun in the south where the ESNACIFOR school forest borders the Comayagua Valley and will

200 PLOT LOCATIONS

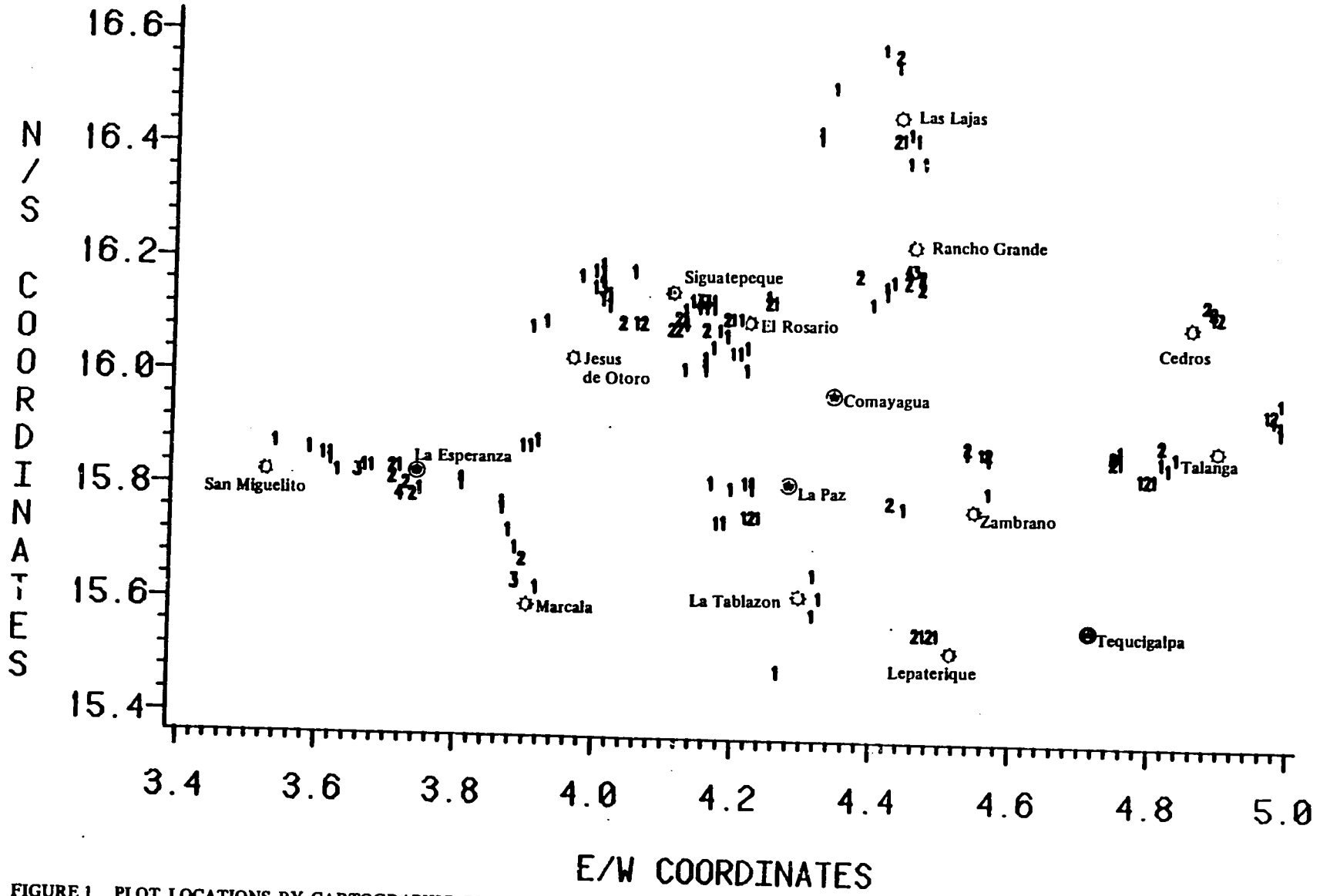

FIGURE 1 PLOT LOCATIONS BY CARTOGRAPHIC COORDINATES WHERE EACH 0.01 MAP SCALE EQUALS 1 KM AND EACH SYMBOL REPRESENTS PLOTS PER SECTION

continue as far to the north across the Siguatepeque highlands as time and weather allow. This should result in 20,000 - 30,000 ha mapped by the end of the project.

Specifically, the field transects for mapping are being used to record data which is to be entered into the productivity equations which resulted from the preliminary data analysis. Data include site type, surface rock, slope, aspect, slope length, soil depth, mean annual temperature, and mean annual precipitation. In addition, elevation and vegetation type are being recorded at each point. The transects are established on aerial photos then located in the field. The data are collected every 40 m along the transects. At every tenth point or so, data on tree age at DBH and total height are collected to be used to verify the predictive equations.

OFFICE AND LABORATORY ACTIVITIES

About 50% of the time of this report period has been spent on office and laboratory activities. Major activities have been 1) plot data finalization, 2) writing the paper for the IX World Forestry Congress in Mexico City, 3) entering and analyzing the data on the computer, and 4) cartography.

As of the date of this report, essentially all of the plot data have been entered onto diskettes at ESNACIFOR and sent to the Univ. of Idaho for further analysis. Appendix I presents the procedures and results of the preliminary data analyses taking place at Idaho.

It was decided that the timing of the IX World Forestry Congress in Mexico City would be an excellent opportunity to present at least the preliminary results of this project. On the one hand, it will be a good opportunity for the Hondurans to gain first hand experience in writing and presenting a paper. On the other, it provides a good chance to evaluate what the project has done to date and what needs to be done to complete it. The paper (Appendix I) was written and submitted as a voluntary contribution to the Congress. The paper will be presented by the project Co-leader, Ing. Cesar Alvarado, and therefore, appears in Spanish in this report.

Data analyses are continuing at the University of Idaho. The predictive equations for site index based on the landscape features and for site index based on tree age and total height are being upgraded. The revisions reflect the addition of the rest of the field data and the feedback from the field transects and their resulting calculations.

The mapping process has proceeded to the point that we have a clear idea of how things will progress. Essentially, all of the preliminary map work has been done up to the point of incorporating the field data to make the final maps. For the transects completed, most of the calculations have been done

using the predictive equations already developed. Some of the calculations will have to await a revision in the predictive equation. But, with the results available, some of the initial mapping units have been established. And, work has begun in making the final maps, with the help of INFONAC.

At this point in time, essentially all laboratory activities relating to soil and wood sample analyses have been completed. The soil analyses are not as complete as we would have liked, but the loss of the HACH Kits in customs has limited our ability in this regard. However, it appears from the initial data analyses that there is already enough data to construct fairly reliable prediction equations.

ADMINISTRATION

The end result of several months efforts on the parts of both ESNACIFOR and the University of Idaho in searching for more funding for the project is that there is none, to date. Efforts made in talking to both AID/Washington and AID/Honduras resulted in the same negative response--none available within the framework in which the project was established. Therefore, the project has been forced into a drastic revision of line item expenditures--a result which does not seem to have helped anybody involved (see Appendix III). It will, however, result in the project being completed with the funding provided. In addition, the revision of the Limited Scope Agreement provides for an extension of time for the project until December 31, 1985. This extension of time resulted largely from the delay in getting the project started.

Along the same line, one of the major problems facing the project has been the mal- or non-functioning of the two CJ-7 Jeeps. These two vehicles have added greatly to project expenses--not to mention time delays. The result has been that the project has expended funds both trying to fix the Jeeps and maintaining the substitute Toyotas provided by ESNACIFOR. This is pointed out here, not because there appears to be a solution, but because it continues to require considerable administrative time.

One of the results of the amendment to the agreement was that less salary was available for Tom Dechert as Field Director for the Univ. of Idaho in Siguatepeque. Therefore, the decision had to be made to end his services to the project earlier than expected and before all the field work will have been completed. Funding for his position will end about the end of April, so he will be leaving Honduras sometime before that. Completion of all remaining project activities in Honduras will be the responsibility of the staff at ESNACIFOR.

Another result of the amendment to the project agreement was that one qualified Honduran should be funded to go the Univ. of Idaho to learn about the data analysis. It was felt that sufficient training in this important aspect of the project could not be

received in Honduras away from the mainframe computer being used to do the analyses. The immediate problem here is to secure a person who is familiar with the project, qualified in English, and capable of understanding the complex data analyses. If the person selected can be freed from duties, the individual will go to Idaho in August 1985 for further training in data analysis, as it relates to the project.

SCHEDULE

The project is scheduled to be completed as follows:

March - May 1985: Field transects and cartography. Two teams will be running transects in the field while another team will be analyzing the data and placing it on the maps in the laboratory. Field transects will continue until the rains terminate the field work. Laboratory map work will necessarily lag behind the field work but should result in final maps.

May - June 1985: Final predictive equations developed. All the data should be entered on the computer and the final analysis completed for the predictive equations. This information will be fed back to the cartographers so the final maps will reflect the results.

June - September 1985: Final data analyses and interpretations. During this period, and especially during the IX World Forestry Congress in Mexico City and/or a Honduran's trip to the Univ. of Idaho, much interaction will be taking place between ESNACIFOR and the Univ. of Idaho to finalize the data analyses, make the interpretations, and complete the maps.

September - December 1985: Final report. All aspects of the project will be finalized--the predictive equations, the maps, the map and site descriptions, the interpretations, and the volume and biomass tables. The results will be published in a final report.

APPENDIX I

A project paper to be presented at
IX World Forestry Congress in Mexico City

The paper is to be presented by
Cesar Alvarado
and therefore is written in Spanish

PRODUCTIVIDAD DE SITIOS PARA PINUS OOCARPA SCHIEDE DE LA ZONA CENTRAL DE HONDURAS

F. Johnson[1], C.A. Alvarado[2], C. Stiff[1]

INTRODUCCION

Una clasificación de los bosques de Pinus oocarpa, Schiede, de la zona central de Honduras en base a su productividad, es un proyecto cooperativo entre la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) en Honduras y la Facultad Forestal de la Universidad de Idaho en los Estados Unidos.

El proyecto es financiado por la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) y la Agencia para el Desarrollo Internacional (US AID). El objetivo es desarrollar una clasificación de sitios forestales, la cual provea información relativa de la calidad de sitios y su productividad en base a una combinación de factores geológicos, climáticos, hidrológicos, edáficos, fisiográficos y vegetacionales. Una metodología cartográfica fue utilizada para estratificar los datos de las parcelas de campo a fin de integrarlas en un mapa final.

La República de Honduras está situada entre los 13° a 16° de latitud Norte y 83° a 89°30' de longitud Oeste. Al nivel del mar su clima es tropical, pero es subtropical en las montañas de la zona central (Holdridge 1968).

Las zonas montañosas del centro-oeste son volcánicas, las zonas montañosas del centro-este son rocas sedimentarias más viejas y poco metamorficadas.

La vegetación varía de bosques selváticos tropicales en las zonas costeras hasta bosques de pinos en las elevaciones medianas y bosques nublados en las partes altas de las montañas.

Pinus oocarpa, es la especie conífera de mayor participación a elevación media. Este pino ocupa un área de 3 millones de hectáreas desde Nicaragua en el sur, hasta México central en el norte. Junto con el Pinus caribaea, Morelet, constituyen la formación más tropical de pinos en el hemisferio occidental.

En Honduras el Pinus oocarpa ocupa una superficie de 1.8 millones de hectáreas, en su mayor parte ubicado entre los 800 a 1600 metros sobre el nivel del mar. En estas zonas, la temperatura media anual varía de 17°C a 24°C y la precipitación media anual varía de 1000 a 2000 milímetros. Bajo

---

[1]Frederic Johnson y Charles Stiff, Catedráticos, Facultad Forestal, Universidad de Idaho, Moscow, Idaho, EE.UU.

[2]César Augusto Alvarado, Jefe Sección Administración de Bosques, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Departamento de Comayagua, Honduras.

un límite inferior, con temperaturas más altas, los bosques de Pinus oocarpa cambian a Pinus caribaea, mientras que sobre el límite superior, con temperaturas más bajas, el Pinus oocarpa se encuentra mezclado con Pinus maximinoi y/o Pinus tecumumanii y/o bosques de Quercus sp.

JUSTIFICACION

En Honduras, la mayor parte de las actividades de manejo del bosque se han concentrado en las zonas cubiertas con Pinus oocarpa. Alrededor del 95 por ciento de las exportaciones corresponden a esta especie. En otras partes del mundo, esta especie está siendo utilizada en plantaciones, por lo cual se requiere de mayor conocimiento de su ambiente y crecimiento en su habitat natural.

Por otra parte, la COHDEFOR requiere de una estratificación de las áreas cubiertas con Pinus oocarpa. Esta estratificación proporcionará más información sobre ambos aspectos, el ambiente y la productividad de los sitios para esta especie. Esta información contribuirá en gran parte al desarrollo forestal de Honduras y de aquellos países donde sea factible su aplicación.

La clasificación de sitios concierne a la productividad en volúmen maderable en los diferentes sitios. Honduras ya tiene experiencia en el manejo de los bosques de pino y está información dará, en gran parte, elementos necesarios a considerar en las decisiones de manejo a fin de incrementar la producción de madera de pino. Con ayuda de mapas, COHDEFOR puede tomar decisiones en donde realizar sus inversiones para el desarrollo de los bosques a fin de optimizar la tasa de retorno.

Por otra parte, la potencialidad de manejo más intensivo significa ventajas de orden social: mayor fuente de trabajo para la población, ya sea cortando, plantando, controlando incendios forestales, raleando, etc. Las inversiones para el manejo contribuirán a la economía de hoy y del futuro y con esta clasificación, COHDEFOR estará en condiciones de hacer una inversión más eficiente en los bosques. Un problema de los países subdesarrollados, es que se hace difícil invertir en su futuro utilizando los recursos naturales existentes en estos países. Inversiones en el manejo de los bosques al incorporar al campesino como factor de producción, puede resultar en su mejoramiento socio-económico, especialmente cuando se conoce donde las inversiones serían rentables y efectivas.

Además, una clasificación de sitios puede contribuir en gran medida a disminuir varios problemas actuales: el riesgo por incendios forestales, erosión caminera, regeneración de bosques, sobre-pastoreo, etc. Por otro lado, una clasificación de esta naturaleza, puede dar una idea de la productividad para pastoreo. Este último punto es importante, porque tradicionalmente gran parte de los bosques de pino en Honduras están siendo utilizados para este fin. Considerando la actual tasa de incremento poblacional y sus consecuentes necesidades, las entidades gubernamentales involucradas estarán en condiciones de planificar racionalmente el uso de la tierra, identificar áreas con potencial agrícola, identificar zonas donde sea factible adaptar técnicas agroforestales, etc.

Un país no puede anticiparse a dar solución a sus problemas sin conocer la magnitud de sus recursos disponibles. Una clasificación e inventario de sitios, metodología de la cual trata este proyecto, es precisamente el elemento imprescindible utilizado para dar respuesta a esta situación.

OBJETIVOS

- Desarrollar un sistema de clasificación de sitios, el cual pueda ser fácilmente aplicado por técnicos forestales del país, para el manejo múltiple de los bosques de Pinus oocarpa existentes en la zona central de Honduras.
- Relacionar el sistema de clasificación para calidad de sitios con la productividad del Pinus oocarpa.
- Proveer de funciones, mapas y descripciones de la clase de sitios a los técnicos forestales del país.
- Adaptar el sistema de clasificación propuesto para otras especies coníferas y áreas, tanto del país como otras regiones del área centroamericana y del Caribe.

METODOLOGIA

La metodología utilizada para desarrollar un sistema de clasificación de productividad de sitios de Pinus oocarpa en Honduras, fueron similares a las descritas por Barnes et al. (1982), en Michigan, Hills (1977), Jurdant et al (1975), Rowe (1962) en Canadá, Christian y Stewart (1968) en Australia y Wertz y Arnold (1972) para Servicio Forestal en los Estados Unidos.

El sistema es jerárquico, que va desde los niveles de clasificación bien generales hasta los más específicos. Además, el sistema es ecológico, incorporando un amplio rango de factores ambientales para definir los niveles. En general, cada nivel inferior subyacente en la clasificación es mucho más homogéneo en el rango de factores ambientales y area comprendida. Los niveles de la clasificación y los factores usados para definirlos se presentan en la Figura 1.

Un sistema de clasificación jerárquico y ecológico requiere de análisis en el campo y de los datos obtenidos para determinar aquellos factores ambientales que controlan la ocurrencia de un habitat determinado. De un nivel a otro, factores ambientales diferentes controlan la variable dependiente: productividad de Pinus oocarpa. En el presente estudio, el nivel más alto de clasificación (Area de Crecimiento) fue determinado utilizando la literatura existente al respecto y mediante reconocimiento de campo. El nivel más bajo en la clasificación (Sitio), fue determinado por análisis de datos de campo recolectados para el proyecto (Figura 1, Tabla 1).

Los dos niveles intermedios (Distritos de Crecimiento y Unidades de Sitio) fueron determinados utilizando combinación de datos existentes y datos recolectados para este fin en el proyecto. En todos los casos, el objetivo fue definir

AREAS DE CRECIMIENTO

SIERRAS Y MESETAS VOLCANICAS CONTENIENDO *Pinus oocarpa*

Clima	Geología	Vegetación
sub-tropical	rocas volcánicas	bosques de pino

Otras ocho Areas de Crecimiento definidas para Honduras

DISTRITOS DE CRECIMIENTO

MESETAS DISECTADAS DE IGNIMBRITAS

Clima	Minerologia	Formas del terreno
Precipitación 100-200 cm	riolita andesita	mesetas y flujos volcánicos disectados.
Temperatura 17-24°C		

- MONTANAS VOLCANICAS
- VALLES GRANDES

9 UNIDADES DE SITIO

FORMA DEL TERRENO	VEGETACION	PATRON DE SUELOS
Profundidad de disectación	Comunidades	Porcentaje, tipo de suelo y localización.

TIPO DE SITIO

Forma del terreno	Vegetación	Suelos
Forma de la pendiente localización	Tipo de vegetación	Tipo de suelos

FIGURA 1. CLASIFICACION JERARQUICA PARA EL PROYECTO CALIDAD DE SITIO PARA *Pinus oocarpa*, SCHIEDE, DE LA ZONA CENTRAL DE HONDURAS.

los niveles de clasificación con factores ambientales para los cuales existen datos disponibles en Honduras o que podrían ser fácilmente conocidos en el campo por los ténicos forestales.

Las Areas de Crecimiento en Honduras fueron determinadas por análisis de literatura, especialmente del trabajo de Dengo (1968) en geología y geomorfologías, Holdridge (1962) en climatología y vegetación, y Robbins y Hughes (1983) en proveniencias vegetativas como resultado de factores ambientales en Honduras. El area de estudio del proyecto comprende aquellas áreas de crecimiento denominadas Sierras y Mesetas Volcánicas conteniendo bosques de pino. Esta Area de Crecimiento fue subsecuente dividida en tres Distritos de Crecimiento: Mesetas disectadas, Montañas, y Valles. Estos tres Distritos de Crecimiento fueron diferenciados por interpretación de fotografías aéreas, reconocimiento de campo y por información obtenida en una série de parcelas.

Los factores primarios de diferenciación fueron la forma del terreno y el macroclima. De estos Distritos de Crecimiento, las mesetas disectadas de ignimbritas fueron seleccionadas, dentro de los cuales las actividades del proyecto fueron concentradas.

La información obtenida por fotointepretación y reconocimiento de campo utilizada para diferenciar los Distritos de Crecimiento, también fue requerida para identificar las Unidades de Sitio.

Estas Unidades de Sitio son unidades de forma del terreno repetidas, las cuales, por consiguiente tienen patrones repetidos de vegetación y suelos. De manera que mientras el Area de Crecimiento y los Distritos de Crecimiento son probablemente únicos, las Unidades de Sitio numerosas veces ocurren dentro del Distrito de Crecimiento y pueden ocurrir también en otro Distrito de Crecimiento.

En realidad, la habilidad para hacer diferencias entre los Distritos de Crecimiento depende en gran parte del reconocimiento de los diferentes patrones que ocurren en las formas del terreno. El análisis de formas del terreno está basado en el trabajo de Desaunettes (1978) en formaciones similares de Indonesia. Las nueves Unidades de Sitio, basadas en grado de disección y pendiente, fueron reconocidas dentro del Distrito de Crecimiento (Tabla 1) y mapeadas por fotointerpretación y comprobación en el terreno, formando asi la base sobre la cual los Sitios de Crecimiento fueron descritos y mapeados.

Finalmente, para la Productividad de los Sitios dentro de cada Unidad de Sitio, se realizó un programa extensivo de muestreo de campo y análisis de datos. Ciento Cincuenta y Nueve sitios que cubren el rango de variabilidad de las Unidades de Sitio dentro de los Distritos de Crecimiento fueron muestreados. Cada sitio de muestreo fue seleccionado para ser totalmente completado con Pinus oocarpa o mezclas de Pinus oocarpa con Pinus caribaea, Pinus maximinoi o Pinus tecumumanii. Además, cada sitio de muestreo fue localizado dentro de un uniforme dosel de vegetación inferior, fisiografía, microposición y tipo de suelo. Cada sitio fue muestreado para el dosel superior y su productividad, vegetación inferior, suelos, fisiografía, clima, geología y distrubios. En la tabla 2 se presenta una lista de factores registrados. El analísis de estos factores resultó en aquellos seleccionados para ser usados al describir los sitios dentro de las unidades de sitio.

TABLA 1

DESCRIPCIONES DE UNIDADES DE SITIO

110.	Indefinido o desconocido (hacer observaciones)
111.	Plano o ligeramente cóncavo, áreas de pobre drenaje, pendiente < 2%, relieve < 1 metro.
112.	Ligeramente disectados, pendiente plana o ligeramente ondulada en remanentes de mesetas, pendiente < 5%, relieve <10 metros.
113.	Ligeramente disectada, pendientes moderadas 7-15%, en remanentes de mesetas, relieve < 10 metros.
114.	Moderadamente disectados, mesetas remanentes inclinadas, pendiente 7-15%, relieve 10-50 metros.
115.	Cerros moderadamente disectados con lomos entre corrientes moderadamente anchos y redondeados. Pendiente de 15-40%, relieve 10-15%.
116.	Cerros disectados con lomos entre corrientes angostas, pendiente 15-50%, relieve 10-50 metros.
117.	Cerros disectados o pendientes de cerros con lomos entre corrientes angostas, pendiente > 40%, relieve 50-300 metros.
118.	Cerros o pendientes de cerros fuertemente disectados, crestas agudas, pendiente > 40%, relieve 50-300 metros.

Los datos de campo fueron analizados para elaborar índices de sitio como indicadores de la productividad, correlacionar los índices de sitio con los factores ambientales y tablas asociadoras (relevés) del sotobosque.

De estos análisis resultaron ecuaciones para determinar la productividad de los sitios y la localización de ellos en los mapas.

Determinación de Indice de Sitio de la Parcela

La productividad del sitio o capacidad de un sitio dado para producción de fibra de madera, está muy relacionada con la altura de los árboles dominantes y/o codominantes de una especie en particular a una edad dada. Para esta investigación, la productividad expresada como Indice de Sitio, fue definida como "la altura promedio de los árboles dominantes y/o codominantes de Pinus oocarpa a una edad clave de 15 años". En el análisis fustal se utilizaron los datos de árboles con una edad mínima al DAP de 15 años para la determinación del Indice de Sitio de las parcelas (Tabla 2).

El crecimiento en altura fue ploteado con la edad al DAP de los árboles muestreados en las parcelas de cada sitio. Si las curvas obtenidas indican que un árbol es suprimido, este es eliminado para los análisis posteriores.

Puesto que la variable de interés es productividad de sitio y no producvidad del árbol individual, una curva promedio de altura-edad fue determinada

TABLA 2. FACTORES REGISTRADOS PARA ANALISIS DE DATOS DEL SITIO DE MUESTREO

MENSURACION GENERAL DEL DOSEL SUPERIOR

(5 puntos agrupados) densidad
especies 10 cms de DAP
diámetro a la altura del pecho (DAP)
altura total
longitud de copa
clase de copa
ancho de copa
incremento en 10 años

MENSURACION DE ARBOLES PARA SITIO

altura total
edad al DAP
diámetro con corteza al DAP
diámetro sin corteza al DAP
clase de copa
longitud de copa
ancho de copa
corte de 12 secciones por árbol con:

- diámetro con corteza
- diámetro sin corteza
- altura de cada sección
- número de anillos por sección
- peso y volumen de sección 4, 7 y 10
  - peso verde con corteza
  - peso verde sin corteza
  - volumen verde sin corteza
  - peso seco sin corteza

VEGETACION INFERIOR

clase fisiográfica
especies
abundancia
altura
fuego
pastoreo
regeneración

CLIMA

precipitación
temperatura
evapotranspiración
longitud de estación seca

GEOLOGIA

tipo de roca
clase de meteorización de la roca
afloramiento de roca

FISIOGRAFIA

elevación
aspecto
tipo de forma del terreno
(unidad de sitio)
tipo de microforma del terreno
pendiente
posición de la pendiente
microrelieve horizontal del sitio
microrelieve vertical del sitio
longitud de pendiente

SUELO

profundidad total
profundidad de raíces
erosión superficial
pedregosidad superficial
drenaje interno subterráneo
material parental
espesor de horizontes
porosidad
textura de horizontes
fragmentos gruesos
pH
horizontes maestros
color de los horizontes
estructura de los horizontes
raíces de los horizontes
consistencia de los horizontes

para cada parcela, utilizando la función de Richards (1959):

$$\text{Altura} = b_0 \left(1 - e^{-b_1 \text{Edad}}\right)^{b_2} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

donde b_0, b_1 y b_2 fueron estimados por medio de regresión no-lineal (SAS, 1982). Esta ecuación fue evaluada para cada parcela a la edad de 15 años (edad clave), obteniendo asi una estimación del Indice de Sitio de la parcela. Además se evaluó cada 5 años en cada parcela, desde la edad 0 hasta la edad del árbol más jóven de la parcela. Este procedimiento resultó en 1,378 observaciones de altura, edad e índice de sitio para las 159 parcelas (para más detalles del procedimiento utilizado, ver Monserud 1984).

Determinación de Comunidades Vegetales

Tablas de Asociaciones (relevés) fueron construídas usando presencia/ausencia de plantas de la lista de especies. Los datos fueron analizados por medio de agrupaciones (clustering) utilizando el coeficiente de Jaccard.

Predicción del Indice de Sitio de la Parcela

Ecuaciones de índice de sitio de la parcela, basadas en la información disponible, pueden ser desarrolladas para predecir la productividad con varios grados de precisión.

Ecuación de Arboles

Alta precisión puede ser obtenida usando un número adecuado de muestras, determinando por inventarios en el campo, la altura y edad al DAP de los árboles seleccionados en el sitio. Las ecuaciones de índice de sitio, que son funciones de altura y edad, han sido desarrolladas utilizando numerosas metodologías (Monserud 1984). Curvas de sitio, construídas usando metodología de Dahm's (1975), serán utilizadas en la validez del modelo para la predicción del índice de sitio usando datos de mapas y del terreno.

Ecuación de Mapas y Terreno

Mediana precisión para la estimación del índice de sitio puede ser obtenida usando ecuaciones basadas en factores edáficos, climáticos y fisiográficos. Datos de estos factores pueden ser obtenidos de mapas existentes y del terreno. Modelos de regresión múltiple, utilizando este tipo de información, son de gran utilidad para la clasificacíín de áreas desprovistas de árboles, o por lo menos, sin árboles de la especie considerada.

Ecuaciones de esta categoría serán usadas para la determinación de proporciones de clases de sitio dentro de las Unidades de Sitio (unidades de mapeo).

Ecuaciones de Mapas y Fotos Aéreas

Estimaciones utilizando ecuaciones basadas únicamente en datos de mapas existentes e interpretación de fotos aéreas producirá resultados con la menor confiabilidad. Clasificación de sitios con ecuaciones basadas en información derivada de mapas y fotos aéreas, pueden ser utilizadas para aquellas zonas que son inaccesibles o cuyo costo de muestreo es muy alto.

DISCUSION DE RESULTADOS

Honduras fue dividida en 9 Areas de Crecimiento; una de ellas corresponde a los límites del proyecto (Figura 1). Esta Area de Crecimiento, correspondiente a Sierras y Mesetas Volcánicas conteniendo Pinus oocarpa, fue dividida en 3 Distritos de Crecimiento. La mayor parte del trabajo se concentró en el Distrito de Crecimiento denominado Mesetas Disectadas de Ignimbritas, con relativamente para actividades en los otros dos Distritos para la determinación de límites.

Las Mesetas Disectadas de Ignimbritas fueron divididas en 9 Unidades de Sitio basadas en las formas del terreno (Figura 1, Tabla 1). Estas Unidades de Sitio fueron utilizadas como base para la confección del mapa final del Proyecto.

Dentro de las Unidades de Sitio, 159 parcelas fueron establecidas en los diferentes tipos de sitio (Figura 1). Al finalizar la etapa de muestreo de campo del proyecto, se instalarán un total de 200 parcelas para su posterior análisis. La Tabla 3 muestra el número de parcelas establecidas por Clase de Indice de Sitio con sus correspondientes niveles de pendiente, exposición y elevación. Se puede ver que en aquellos lugares con pendientes mayores del 60% fueron sub-muestreados; estos lugares son difíciles de muestrear y por lo demás tienen potencial de manejo igual y pobre. Con respecto a la exposición, la distribución de las parcelas fue más homogénea. Se encuentran pocas parcelas a elevaciones de 551 a 750 metros sobre el nivel del mar, debido a que esta es la zona de Pinus caribaea; el Pinus oocarpa es poco frecuente en este rango de elevaciones. Las dos parcelas en la Clase de Sitio más alta, corresponde a una zona de alta precipitación; normalmente estos sitios son utilizados para la agricultura. A un rango de elevaciones entre los 1550 a 1750 metros sobre el nivel del mar, comprende zonas de Pinus maximinoi, Pinus tecumumanii, plantaciones de cafe y otros cultivos agrícolas; corresponde a zonas de alta productividad con poca participación del Pinus oocarpa.

La Tabla 4 muestra la distribución de parcelas por Clase de Indice de Sitio en relación con las Unidades de Sitio. Unidad de Sitio 110 corresponde a sabanas y normalmente contiene áreas boscosas. Unidades de Sitio 111, 112 y

TABLA 3

NUMERO DE PARCELAS MUESTREADAS PARA CLASES DE INDICES DE SITIO DE PINUS OOCARPA CON VARIOS NIVELES DE PENDIENTE, EXPOSICION Y ELEVACION

NIVEL DE PENDIENTE EXPOSICION Y ELEVACION	CLASE DE INDICE DE SITIO (m)					
	5	10	15	20	25	Total
Pendiente (%)						
1-10	0	7	13	5	1	26
11-20	0	7	16	8	0	31
21-30	1	5	13	6	0	25
31-40	3	8	14	4	0	29
41-50	3	4	7	2	1	17
51-60	2	6	5	0	0	13
61-70	0	5	3	0	0	8
71-80	1	4	1	0	0	6
81-90	0	3	1	0	0	4
Exposición						
N	1	8	9	4	0	22
NE	4	5	11	1	0	21
E	3	12	8	2	0	25
SE	1	6	7	4	1	19
S	0	4	13	4	0	21
SO	0	4	10	3	1	18
O	1	5	7	2	0	15
NO	0	5	8	5	0	18
Elevación (m)						
551-750	0	2	0	0	0	2
751-950	2	8	10	4	0	24
951-1150	2	18	23	9	2	54
1151-1350	4	6	14	4	0	28
1351-1550	0	6	13	5	0	24
1551-1750	1	3	2	1	0	7
1751-1950	1	6	11	2	0	20
TOTALES	10	49	73	25	2	159

113 son mas que todo utilizadas para agricultura o pastoreo intensivo. La mayoría de las clases de Indices de Sitio están en la clase media, disminuyendo a ambos lados, lo cual parece normal.

TABLA 4

NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DE INDICE DE SITIO
Y UNIDAD DE SITIO

UNIDAD DE SITIO	CLASE DE INDICE DE SITIO (Metros)					TOTAL
	5	10	15	20	25	
110	0	1	0	0	0	1
111	0	0	0	0	0	0
112	0	2	4	0	0	6
113	0	3	2	3	0	8
114	1	5	9	5	1	21
115	1	5	23	10	0	39
116	2	11	13	6	0	32
117	3	14	17	1	1	36
118	3	8	5	0	0	16
TOTAL	10	49	73	25	2	159

Ecuación de Arboles

Hasta ahora, un modelo para predecir el índice de sitio usando la altura y edad no se ha determinado. Sin embargo, curvas polimorficas preliminares del crecimiento en altura fueron ajustadas en base a los datos de 130 parcelas (Figura 2). Las curvas fueron construídas usando la ecuación de Richards (1959) condicionada a que la altura total fuese igual al índice de sitio a la edad clave.

$$\text{Altura} = IS \left[\frac{1 - e^{-b_3 \text{ Edad}}}{1 - e^{-b_3 (IS)}} \right]^{b_4 (IS)^{-b_5}} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

donde b_3, b_4 y b_5 fueron estimados en base a 1,098 observaciones entre las edades de 5 y 50 años. La estimación de los coeficientes fueron derivados usando regresiones no lineales, luego de alcanzar su expresión promedia en rutina interactiva ciclica, por el inverso del residual de variancia de clase de edad.

El coeficiente de determinación, definido como "la proporción de la dife-

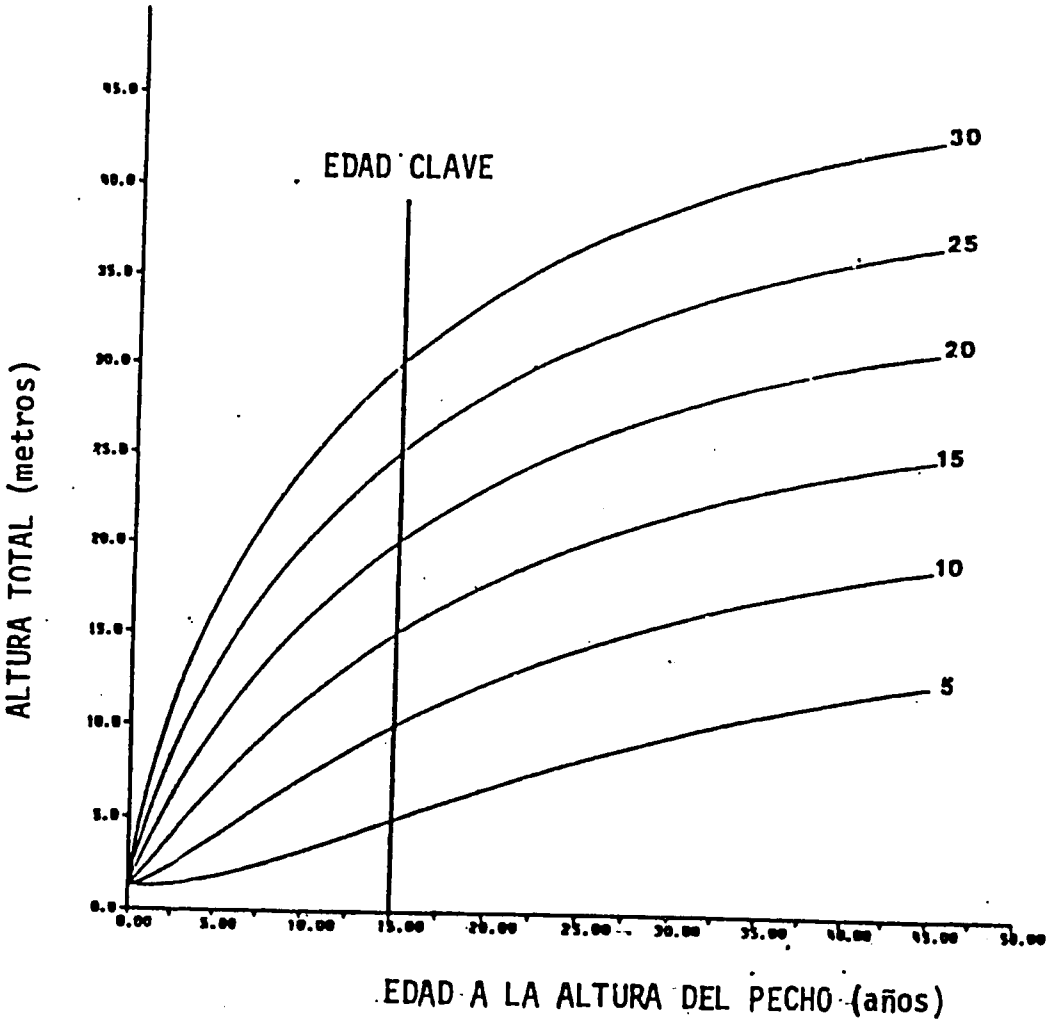

Figura 2. Curvas de crecimiento en altura utilizando la función de Richards, para Pinus oocarpa en Honduras en 6 niveles de Indice de Sitio (5, 10, 15, 20, 25, 30 metros) basado en 130 parcelas.

rencia entre la altura y variancia residual de la altura", fue de 0.95 y el error estandar "no-pesado" fue de 1.31 metros.

La ecuación 2 no puede ser utilizada para estimar índice de sitio por no tener solución. Además la suma de cuadrados debe ser minimizada para obtener un modelo de índice de sitio.

Ecuación de Mapas y Terreno

El índice de sitio de la parcela fue ploteado contra variables edáficas, climáticas y fisiográficas para la determinación de relaciones básicas. Coeficientes de correlación lineal simple fueron computados para determinar tendencias en la productividad del sitio asociada con las variables contínuas predictorias. Los índices de sitio fueron relacionados con las variables discretas biofísicas para determinar su poder explicatorio (Tabla 5). Es interesante notar que el porcentaje de rocas superficiales explicó el 31.2% de la variabilidad del índice de sitio con un error estandar de 3.4 metros. Por otro lado, el tipo de microforma del terreno explicó solamente el 6% de la variabilidad con un error estandar de 4.0 metros.

La siguiente ecuación resultó de una metodología de regresión escalonada (stepwise) y múltiple utilizando información obtenida de los análisis exploratorios de datos:

$$
\begin{aligned}
IS = {} & 13.3950 + 1.1579\,(TS1) - 1.2704\,(TS2) \\
& + 3.2097\,(RS1) + 2.7044\,(RS2) + 2.2606\,(RS3) \\
& + 1.2571\,(RS4) - 0.9509\,(Pend) - 0.3297\,(Pend)^2 \\
& - 0.6890\,(Pend)\cos(Exp) - 0.4706\,(Pend)\,\mathrm{sen}\,(Exp) \\
& + 1.1054\,(Precip) + 0.4454\,(Long\ Pend) \\
& + 1.3662\,(Prof\ Suelo) + 1.1158\,(Temp) \\
& - 0.5385\,(Temp)^2 \qquad \text{(Ecuación 3)}
\end{aligned}
$$

donde:

IS= índice de sitio para <u>Pinus</u> <u>oocarpa</u>
TS1= 1 si el tipo de sitio es 1 ó 2; si no= 0
TS2= 1 si el tipo de sitio es 5;si no = 0
RS1= 1 si las rocas superficiales es 0; si no = 0
RS2= 1 si las rocas superficiales es I; si no = 0
RS3= 1 si las rocas superficiales es 2; si no = 0
RS4= 1 si las rocas superficiales es 3; si no = 0
Pend= pendiente, en porcentaje
Cos (Exp)= coseno de la exposición, en radianes
Sen (Exp)= seno de la exposición, en radianes
Precip = precipitación promedia anual: (cm/10)
Long Pend= longitud de la pendiente (m/10)
Prof Suelo= profundidad del suelo (dm)
Temp = temperatura promedio anual (°C)

TABLA 5

AJUSTES ESTADISTICOS DE INDICES DE SITIO
PARA Pinus oocarpa CON CLASIFICADAS
VARIABLES BIOSIFICAS

VARIABLE (X)	COEFICIENTE DE DETERMINACION (r^2)	ERROR ESTANDAR (m)
Microforma del terreno	0.06	4.0
Rocamadre, desgastación y fracturación	0.14	3.8
Afloramiento de roca	0.21	3.6
Meses de estación seca	0.01	4.0
Microrelieve	0.02	4.0
Microrelieve vertical	0.04	3.9
Microrelieve horizontal	0.01	4.0
Erosión	0.17	3.7
Roca superficial	0.31	3.4
Drenaje	0.04	4.0

1/ Indice de Sitio = $b_0 + b_1$ (X)

TABLA 6

ESTADISTICOS UNIVARIADOS PARA PRODUCTIVIDAD
DE SITIOS EN PARCELAS DE Pinus oocarpa

BASE: 159 PARCELAS

VARIABLE	MEDIA	MINIMO	MAXIMO	DESVIACION ESTANDAR
Indice de sitio (m)	14	6	26	4
Edad promedio parcela (años)	36	12	119	18
Area basal (m^2/ha)	22	6	40	8
Número de árboles (árboles/ha)	516	71	1374	301
Pendiente (%)	32	0	90	21
Exposición (radianes)	2.5	0	5.5	1.8
Elevación (m)	1235	600	1900	309
Precipitación promedio anual (cm)	142	100	200	26
Temperatura promedio anual (°C)	20	17	24	2
Profundidad del suelo (dm)	10	2	15	4
Longitud pendiente (m)	169	20	900	118

Todas las variables predictorias contínuas fueron colocadas alrededor de sus medias y estandarizadas con sus desviaciones estandares (Tabla 6). El coeficiente de determinación obtenido fue de 0.63 con un error estandar de 2.54 metros. Un análisis residual indicó que no hay deficiencias serias con este modelo. El modelo clasificó correctamente el 67% de los valores observados en los índices de sitio de las parcelas (Tabla 7).

Ecuación de los Mapas y Fotos

El siguiente modelo de regresión múltiple fue desarrollado utilizando las variables predictorias (centrales y estandarizadas) que pueden ser interpretadas de las fotos aéreas o derivadas de mapas existentes.

$$IS = 13.8925 - 1.4062\,(Pend) - 0.7765\,(Pend)\cos(Exp) - 0.8189\,(Pend)\,\text{sen}\,(Exp) + 1.3467\,(Precip) + 0.5560\,(Precip)^2 + 0.4468\,(Temp) - 0.4958\,(Temp)^2 \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

donde las definiciones para las variables son las mismas indicadas en la ecuación 3.

Esta ecuación de los mapas y fotos aéreas predijo solamente el 43% de la variabilidad del índice de sitio y se obtuvo un error estandar de 3.06 metros. Un análisis residual indicó sobre predicción significativa para suelos de poca profundidad y subpredicción significativa para suelos profundos. Sobre predicciones de 3.7 metros y 2.1 metros resultaron en sitios donde el porcentaje de rocas superficiales es más alto. Estos resultados pueden ser esperados, dado que la resolución de las fotos aéreas escala 1:20,000 es poca en comparación con los tipos de microformas del terreno y que los datos climáticos de los mapas escala 1:50,000 no pueden representar las diferencias del microclima. El modelo clasificó correctamente solamente el 59% de los valores observados de los índices de sitio de las parcelas y con ninguna de las parcelas conteniendo clases de sitio 5 y 25 clasificó correctamente (Tabla 7).

TABLA 7

NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DE INDICE DE SITIO DE
Pinus oocarpa PARA ECUACION DE FOTOS Y MAPAS
Y ECUACION DE MAPAS Y TERRENO

ECUACION CLASE DE SITIO	CLASE INDICE DE SITIO (m)					TOTAL
	5	10	15	20	25	
Fotos y Mapas						
5	0	0	0	0	0	0
10	6	24	6	0	0	36
15	4	25	63	17	0	109
20	0	0	4	7	2	13
25	0	0	0	1	0	1
Proporc. correcta/clase	0	0.49	0.86	0.28	0	0.59
Mapas y Terreno						
5	1	1	0	0	0	2
10	6	31	7	1	0	45
15	3	17	63	12	0	95
20	0	0	3	11	2	16
25	0	0	0	1	0	1
Proporc. correcta/clase	0.10	0.63	0.86	0.44	0	0.67

Análisis de la Vegetación

Se esperaba en el proyecto que la información obtenida de la vegetación podría ser utilizada en alguna forma para predicción del habitat y por consiguiente, la calidad del sitio. Se debe comprender que los bosques de pino del interior de Honduras son ecosistemas muy perturbados; todo ha sido sometido a diversas combinaciones e intensidades de pastoreo (principalmente ganado vacuno), cortas de madera para construcción y combustible y por incendios frecuentes causados por el hombre. Como resultado de todo esto, la vegetación en todas las parcelas está en alguna etapa de sucesión secundaria. Realmente es aceptado generalmente, que el Pinus oocarpa y los bosques de pinos del interior deben su existencia a los incendios frecuentes (Robbins y Hughes, 1983). Debería esperarse que las zonas cubiertas con Pinus oocarpa serían bosques subtrocipales de hoja ancha desidua (Denevan 1961; Holdridge 1962).

La metodologia de análisis de los datos del proyecto no resultó en un agrupamiento de las plantas del sotobosque, particularmente en grupos para

comunidades reconocibles. En el sentido normal, aparentemente el proceso sucesional de los bosques muestreados, existen hace más de cien años, produciendo un sotobosque que es mas que todo una formación de especies secundarias con amplio rango. La próxima etapa sería hacer una correlación de especies individuales con las clases de productividad y factores de suelos y fisiografía. Esto puede resultar en indicadores individuales o de grupos para porciones específicas del habitat total que relacione directamente la productividad del sitio.

SUMARIO

Este artículo delinea una metodología y resultados preliminares para el desarrollo de una clasificación de clases de productividad mapeables para una sola especie comercial. La clasificación está basada en factores edáficos, fisiográficos y climáticos que fueron derivados de datos existentes y muestras de parcelas en el terreno.

Para este estudio, la Productividad está definida como "la altura promedio de los árboles dominantes y/o codominantes a la edad clave de 15 años". Ecuaciones con diversos grados de precisión utilizando varios tipos de información fueron desarrollados para estimar índices de sitio. Además, ecuaciones serán desarrolladas para predecir la producción en volumen que se encuentra en el rango de productividad. Mapas que muestren las clases de índice de sitio por tipo de sitio son comprobados y corregidos para reflejar la producción observada de los árboles.

Estos mapas que muestran la productividad estimada de los árboles por unidad de area de más de 40,000 hectáreas, facilitarán la planificación del manejo de bosques y proveerá medidas para evaluar la tasa de costos/beneficios. Es de esperar que, el retorno financiero de los bosques de pino del interior de Honduras y los beneficios sociales que se generen para los trabajadores forestales, sean mejorados al aplicar este sistema.

LITERATURA CITADA

Barnes, B.V., K.S. Pregitzer, T.A. Spies, and V.H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. Journal of Forestry 80: 493-498.

Christian, C.S. and G.A. Stewart. 1968. Methodology of integrated surveys. In Aerial surveys and integrated studies, Proceedings of the Toulouse Conference, UNESCO. pp. 233-280.

Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques (2nd edition). John Wiley & Sons, Inc. New York 413 p.

Dahms, W.G. 1975. Gross yield of central Oregon lodgepole pine. In Management of lodgepole pine ecosystem symposium proceedings (D.M. Baumgartnes, ed.), p. 208-232, illus. Wash. State Univ. Co-op. Ext. Serv., Pullman, 495 p.

Denevan, W.M. 1961. The upland pine forests of Nicaragua. Univ. of California Publications in Geography: 12: 251-320.

Dengo, G. 1968. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, México. 50 pp.

Desaunettes, J.R. 1978. Catalogue of landforms for Indonesia. Soil Research Institute, Bogor, Indonesia. 111 pp.

Hills, G.A. 1977. An integrated interative holistic approach to ecosystem classification. In J. Thie, and G. Tronside. Ecological (Biophysical) Land Classification in Canada. Ecological land classification series, No.1, pp. 73-97. Lands Directorate, Env. Canada, Ottawa.

Holdridge, L.R. 1962. Mapa ecológico de Honduras, 1:1,000,000. Organización de los Estados Unidos Americanos. 1 mapa.

Jurdant, M., J.S. Lacate, S.C. Zolati, G.G. Runka, and R. Wells. 1975. Biophysical land classification in Canada. In Bernier, B. and C.H. Winget (eds.), Forest Soils and Forest Land Management. Laval Univ. Press, Quebec.

Monserud, R.A. 1984. Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type. For. Sci. 30: 943-965.

Richards, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10:290-300.

Robbins, A.M.J., C.E. Hughes. 1983. Provenance regions for Pinus caribaea, Morelet and Pinus oocarpa Schiede within the Republic of Honduras. Tropical Forestry Papers No.18. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, England. 77 pp. + maps.

Rowe, J.S. 1962. Soil, site and land classification. Forestry Chron. 38:420-432.

Wertz, W.A. and H.F. Arnold. 1972. Land systems inventory. USDA Forest Service, Intermountain Region, Ogden, Utah. 12 pp.

APPENDIX II

Field Mapping Methodology

MAPPING INSTRUCTIONS

With the completion of the preliminary analysis of the data from the field plots, it is necessary to apply the results. The requirements of the project are that maps be made using the relations developed from the analysis. In fact, the analysis has resulted in 3 levels of relations between site index (productivity) and landscape or tree characteristics.

The most general relationship is an equation relating site index to factors of the landscape that can be detected from existing maps and aerial photos. This equation requires an estimate from aerial photos of percent slope and aspect plus mean annual temperature and mean annual precipitation from the Plan Comayagua maps. The reliability of this predictive equation is understandably low but can never-the-less be used in areas that have not been accessed, especially as a photo-interpretative aid.

The second equation predicts productivity (site index) using landscape information derived from both existing maps and the ground. This equation requires input about percent slope, aspect, slope length, soil depth, surface rock, and micro-site type, derived from the ground (on-site), and mean annual temperature and mean annual precipitation, taken from the Plan Comayagua maps. This is the equation that will be used as the predictor of productivity for the maps to be developed. The process is explained more fully below. Furthermore, this equation can be used as a predictor of any site in the growth district, whether or not trees are growing on the site, because it relies on more permanent site parameters.

The most accurate equation for predicting site index requires an on-site measurement of height and age of "site trees". This equation will be used to verify the predictions of the two equations above. In addition, it can be used anywhere in the growth district, on any site where site trees exist, as a very accurate predictor of the productivity of that site.

The mapping is the process by which the results of these equations will be related to the site units. The site units were derived through a landscape stratification process which resulted in delineation of similar landform units (See Table 1 for a description of these landform units.). These site units are recognized and mapped onto aerial photos, with a given site unit occurring perhaps hundreds of times in the growth district. During the mapping process, these numerous occurrences will be subdivided into groups as the result of further ground investigation and aerial photo interpretation. These groups of site units are referred to as mapping units. Each mapping unit, or group of site units, will have very similar patterns or percentages of soils, vegetative communities, landforms, and more particularly, for this project, similar percentages of those factors used in the predictive equations.

Table 1: Site Units--description of landform characteristics.

110. Undefined or unknown (make note).
111. Level to slightly concave, poorly drained areas, slopes <2%, relief <1 meter.
112. Slightly dissected plateau remnants, slightly sloping or undulating, slopes <6%, relief <10 meters.
113. Slightly dissected plateau remnants, moderately sloping, slopes 7-15%, relief <10 meters.
114. Moderately dissected plateau remnants, moderately sloping, slopes 7-15%, relief 10-50 meters.
115. Moderately dissected hills, with moderately wide and rounded interfleuves, slopes 15-40%, relief 10-50 mts.
116. Dissected hills with narrow interfleuves, slopes 15-50%, relief 10-50 meters.
117. Highly dissected hills or hill slopes, with narrow interfleuves, slopes >40%, relief 50-300 meters.
118. Very strongly dissected hills or hill slopes, with angular interfleuves, slopes >50%, relief 50-300 meters.
119. Landslides, land slips, and mass movements. Land form highly variable and irregular.

Therefore, the mapping process is the methodology by which the predictive equations will be applied to the landscape such that the results can be portrayed graphically as a map. The process requires a systematic application of the equations on the ground or aerial photos so the results can be transferred to the maps. The results, as descriptors of the site units, will be grouped to form the mapping units.

The systematic methodology chosen for this project is the transect with equally spaced observation points. With sufficient observation points along the randomly placed transect, it is then assumed that the data collected represents the whole of the site unit. These transects can be run on the ground for information to be used in the second equation described above, or on aerial photos for information to be used in the first, more general equation described above. All site units should be transected collecting appropriate data for the respective equation. The site units are then grouped based on similarity of the data results. This grouping is done according to certain standards described below.

If the above process is not immediately clear, perhaps an example of sorts will help. Site Unit 115, as the landform unit described as"moderately dissected hills with moderately wide, rounded interfleuves, slopes 15-40%, and 10-50 m relief," occurs numerous times throughout the growth district, from the lowest temperatures to the highest, from the lowest precipitation zone to the highest, with shallow soils and deep soils, etc. Therefore, it is unreasonable to expect that site productivity of

all these site units is going to be the same wherever the Site Unit is found. Some further method is needed to group the site units based on their productivity. The method to be used in this project will be to run transects both on the ground and on aerial photos, to produce results about the productivity of each site unit, using the predictive equations developed from the data analysis. These predictive equations actually use temperature, precipitation, soil depth, slope, aspect, etc., to predict the productivity. Site units having similar results from the transect application of the equations will be grouped into mapping units. In this way, all the site units 115 will be grouped into mapping units based on their similarity in productivity, which is actually based on their landscape characteristics. This process requires the systematic evaluation of every site unit 115 mapped on the aerial photos, and its final assignment to a productivity group (mapping unit).

The actual mapping for this project will be centered around the ESNACIFOR school forest--running northwest from the Valle de Comayagua on the south and east to the Cordillera de Montecillos on the west and the Rio Uluita in the north. This area will first be analyzed for the factors of the first general equation. Slope is already included in the site unit descriptions. Aspect in the equation is only important on the steeper slopes and should only be considered on site units 117 and 118. Generally, then, precipitation/temperature zones will be recognized for the whole of the area. Within each of these zones, at least 3 or 4 replications of each site unit will be selected to be transected on the ground. Site units 117 and 118 may have to be further stratified for aspect. Transects will be established in each site unit more or less randomly, but certainly with an eye to easy access and continuity for the purpose of speeding along the field work.

Once a transect has been established on the aerial photo, two man field crews will locate the transect in the field and collect the data. Each transect will be identified by aerial photo, site unit, azimuth of the transect, and an identifier code. Data collection points will be every 40 m along the transect being run on the given azimuth. For each point along the transect, the following data will be collected: 1) percent slope measured directly down or up slope; 2) aspect measured to the nearest 45 degrees and entered as the code given in Table 2; 3) mean annual temperature in degrees centigrade taken from the Plan Comayagua maps; 4) mean annual precipitation in decimeters taken from the Plan Comayagua maps; 5) slope length in tens of meters (m/10) measured from the water divide at the top of the slope to the nearest intermittent or permanent waterway; 6) soil depth measured in decimeters (dm); 7) percent surface rock using the classes and codes given in Table 3; 8) site type using the classes and code given in Table 4; 9) elevation measured in hundreds of meters (m/100); and 10) vegetation type using the classes and codes given in Table 5.

Table 2: Aspects and aspect codes for site unit transects.

1 = N (338 - 22 degrees)	5 = S (158 - 202 degrees)
2 = NE (23 - 67 ")	6 = SW (203 - 247 ")
3 = E (68 - 112 ")	7 = W (248 - 292 ")
4 = SE (113 - 157 ")	8 = NW (293 - 337 ")

Table 3: Codes and classes of surface rocks (USDA derived).

0. No surface rocks.
1. Cover <1% of surface, 10-30 meters apart.
2. Cover 1-3% of surface, 3.0-10 meters apart.
3. Cover 3-15% of surface, 1.5-3.0 meters apart.
4. Cover 15-60% of surface, 0.5-1.5 meters apart.
5. Cover 60-90% of surface, <0.5 meters apart.
6. Cover >90% of surface, essentially paved.

Table 4: Site type definitions and codes

0. Undefined (make note).
1. Savanna, riparian, or very wet site.
2. Plateau top, level to slightly sloping, slightly concave to slightly convex.
3. Convex ridge tops and shoulders.
4. Concave slopes and broadly concave incipient drainages.
5. Convex slopes and ridge noses.
6. General slopes which cannot be placed in either of the above 2 classes (vegetation should be uniform).
7. Foot and toe slopes, concave to irregular, or terraces of savannas and streams (water accumulation areas).
8. Landslides and mass movements.
9. To be defined.

Table 5: Classes and codes for vegetation.

0. No class applies--make note.
1. PO and PC mixed, understory dominated by grasses.
2. PO and PC mixed, understory with many shrubs.
3. PO pure, understory dominated by grasses.
4. PO pure, understory dominated by grasses and small shrubs.
5a. PO pure, understory mainly large shrubs, esp. Zarsa.
5b. PO pure, understory mainly large shrubs, esp. melastomaceae
5c. PO pure, understory mainly other large shrubs.
6. PO and PM &/or liquidambar, usually with large shrubs.
7. PO and PT mixed, w or w/o PM, usually with large shrubs.
8. PO with understory completely altered by pasturing.
9. PO with understory completely burned.
10. Agriculture.
11. Post-agriculture, usually shrubby.
12. Pasture--without trees.

PO = Pinus oocarpa, PC = P. caribeae, PM = P. maximinoi
PT = P. tecumanii

In addition, at data collection points 10, 20, 30, etc., site index trees will be identified and measured. If suitable site index trees do not exist at these points, then the next point following having suitable trees will be used. In each of these cases, a sample size will be calculated based on the average age of the trees on the site, and that number of trees will be sampled. Each of the trees will be measured for total age at DBH and total height. These data will be used with the third, most accurate equation given above, and will be used to verify the results of the second, more general mapping equation. In other words, the second equation, as the experimental result of this project, will be verified by the third equation, of which type has more generally been proven acceptable.

At this point, the transect data for a given geographical area needs to be analyzed to see if it makes sense in relation to the ground. The data from all of the transect points should be calculated by entering it into the computer program. This will give a site index class for each of the points. The data for each transect will then be summarized as to percentage of each site index class. The summarized data should be temporarily noted on the aerial photos, to aid in the analysis of fit to the landscape and mapping. Then the summarized data for each of the site units should be compared to see that they are reasonably similar.

The idea that the summarized data should be reasonably similar requires some standards of similarity. In general, for mapping purposes, percentage occurrence is considered similar if it falls in a range of plus or minus 15%, or a total range of 30%. Therefore, for the site units to be considered similar for mapping purposes, the percentages of each site class within them must be similar, or within the ranges stated above. This test of similarity applies to all the site index classes in the site unit--if even one of the site index classes is not similar, then the site units are not considered similar. If the percentages of site classes for a given site unit in a given geographical area are dissimilar, then further analysis is needed to determine what aspect of the ground data is causing the difference. This can usually be done by visual analysis of the transect data of the two extreme cases. Once the factors causing the differences have been identified, then methods need to be developed to recognize them in the field and on the aerial photos so they can be put into different mapping units. In addition, the differnt types will have to be treated independently and therefore have at least 3 or 4 field transects made in each one.

The same processes as presented above should then be applied to the next geographical area. Then the results for each site unit will have to be compared from area to area. Once again, the test for similarity should be applied. And the reasons for dissimilarity should be investigated and elucidated. Various sorts of groupings of similar site units should be tried until some grouping appears to have good recognizeable relations with the landscape, especially that can be recognized on the aerial

photos. Perhaps it will be necessary to sample a third geographical area further away, or even a geographical area between the two first ones, before sufficient information has been accumulated to make reasonable groupings. And, some site units may vary less than others across the landscape, therefore requiring fewer field transects. It should be noted that some of the differences are the result of factors that change gradually and continually over the landscape. In this case, a decision needs to be made to establish an artificial boundary for the grouping of the site units. For example, precipitation in the area to be mapped changes gradually from about 10 dm in the Comayagua valley to 16 dm in the Rio Uluita. As the data accumulates, decisions will have to be made for each site unit about arbitrary precipitation boundaries between groupings.

The groupings as developed by the iterative process above are in fact the final mapping units for the project. Therefore, as more and more information accumulates and is analyzed, it may be necessary to alter the groupings to make them fit the landscape better. This is a reasonable process and should be continued as long as necessary or possible. However, at some point, the decision has to be made that the groupings are final for a given area. One never gets an ideal fit to the landscape. The decision simply has to be made that a given grouping adequately reflects the landscape for the purposes of the study being done. Once this decision is made, the mapping units are described, finalized, and interpreted. Each transected site unit is assigned to its appropriate mapping unit. A unique symbol will be developed for each mapping unit, to be placed on the aerial photo and the final maps. And each unique mapping unit and symbol will have a unique mapping unit description in the final report of the project.

After most of the field work is done, but before the final maps are made, a final analysis of the groupings of the site units into mapping units should be made. This last analysis is to eliminate those groupings (mapping units) which occur only in a very small percentage of the total area, i.e. are insignificant in relation to the whole of the project area and its goals. These small mapping units should be combined with mapping units most similar, with a note made in the mapping unit description about it.

The above process of creation of mapping units has resulted from the transects of only a portion of the site units--hopefully. The portion transected is the result of variability of the landscape and the ability to recognize the effects of the variability on the site index classes. High landscape variability and/or low ability to recognize the effects of the variability will result in a higher portion transected. At any rate, there remains an unsampled portion of the site units. These site units will be sampled by aerial photo interpretive methods. Each one will be examined on the aerial photo and analyzed for the factors presented in the first general equation, or other landscape factors which can be used to distinguish between the mapping units. It will then be assigned to one of the mapping units already developed. If there

is some unresolvable question as to how to assign a given site unit using aerial photo interpretation, then it should be field transected.

With the above process, one should have arrived at a map, at least on the aerial photos, of the site productivity of the areas in and around the ESNACIFOR school forest. How this information will be transferred to the final maps, and exactly what the final maps will be, is a decision that is yet to be made by ESNACIFOR & COHDEFOR. The other aspect of completing the mapping process is the writing of the mapping unit descriptions. Here again, some decisions will have to be made as to exactly what is required by both the Univ. of Idaho and ESNACIFOR. This is especially dependent on what interpretations are going to be made for the sites and the site units--all the necessary data for the interpretations needs to be included in the mapping unit descriptions. The data that can be included is somewhat limited by the time available for more data analysis, especially of the transect data. But, the format for the mapping unit descriptions will have to be established sometime soon if the whole mapping process is to be completed in a timely manner.

4/85

APPENDIX III

Amendment to:

Limited Scope Agreement

AID/SCI 2e-05

Classification of the Upland Pine Forest
of Central Honduras
For Site Quality and Productivity

UNITED STATES GOVERNMENT

memorandum

DATE: March 4, 1985

REPLY TO ATTN OF: Stephen Wingert, RD

SUBJECT: AID/SCI, 2E-05 Project, Classification of the Upland Pine Forest of Central Honduras for Site Quality and Productivity

TO: Mr. William Kaschak, ODF

MAR 18 1985

The projected assistance completion date of AID/SCI, 2E-05 Project has been extended ten months, from February 28, 1985 to December 31, 1985, and the approved budget has been amended, adjusting the amount allocated to each line item but maintaining the same total.

These changes were carried out based on the request and justifications presented by ESNACIFOR and the University of Idaho.

The new project agreement, USAID's approved Action Memorandum and ESNACIFOR/University of Idaho's request are attached to this memorandum.

cc: Irvin N. Asher, Science Program Director, AID/W
James Hester, LAC, AID/W
Howard A. Minners, Science Advisor, AID/W
Peter Kranstover, ODF
Phillip Amos, CONT
Reyes Herrera, CONT
Phillip Cormany, CONT
University of Idaho
ESNACIFOR

OPTIONAL FORM NO. 10
(REV. 1-80)
GSA FPMR (41 CFR) 101-11.6
5010-114

☆ U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE : 1984 O - 421-526 (9238)

CONTRACT AMENDMENT

Project # AID/SCI 2E-05

Title: Classification of the Upland Pine Forest of Central Honduras for Site Quality and Productivity.

AMENDMENTS: (To be effective at date of last signature)

1. Extend termination date to: December 31, 1985.

2. Line Item Budget Changes - (change Annex B).

ITEM	ORIGINAL CONTRACT	AMENDED
Direct Materials	$ 57,000	$ 39,000
Direct Labor	67,000	82,500
Transportation	7,000	17,000
Other Direct Costs	27,000	36,500
Contingency	17,000	-0-
	$175,000	$175,000

Frederic D. Johnson — 30 Jan. 1985
Frederic D. Johnson
Project Director
University of Idaho
Date

George H. Belt — 1/30/85
George H. Belt
Director, International Forestry Programs
College of Forestry, University of Idaho
Date

Gerald R Reynolds — 1-31-85
Gerald R. Reynolds
Controller
University of Idaho
Date

2-13-85
Rubén Guevara M.
Director, ESNACIFOR
Siguatepeque, Honduras
Date

2-14-85
General Manager, COHDEFOR
Date

LIMITED SCOPE GRANT PROJECT AGREEMENT

Between the United States of America, acting through
the Agency for International Development (AID)

AND
The Government of Honduras

THE HONDURAN FORESTRY CORPORATION (COHDEFOR)
(Grantee)

1. Project Title	2. AID Project Number
Classification of the upland pine Forest of Central Honduras for site Quality and Productivity	AID/SCI 2E-05

The above-named parties hereby mutually agree to carry out the Project described in this Agreement in accordance with (1) the terms of this Agreement, including any annexes attached hereto, and (2) any general agreement between the two governments regarding economic or technical cooperation.

3. Amount of AID Grant Not to Exceed	4. Grantee Contribution to the Project	5. Project Assistance Completion Date
$175,000	Facilities and Services	December 31, 1985

6. This Agreement consists of this title page, Annex A, Project Description; Annex B, Implementation Plan; Annex C, Standard Provisions

7. For the Grantee	8. For the Agency for International Development
Typed Name Rafael Calderón L.	Typed Name Anthony J. Cauterucci
Signature	Signature
Title General Manager, COHDEFOR	Title Director, USAID
Date 8/26/85	Date 8/25/85

ACTIVITY	RESPONSIBILITY	ESTIMATED COMPLETION DATE	MONTH*
1. Order: vehicles, equipment and furnishings and install at ESNACIFOR Assemble maps and preliminary delineation of growth districts	ESNACIFOR/ U. of Idaho	February 1984	1- 9
2. Field examination of districts Initial taxonomic work Complete laboratory testing Stratification by aerial photos Growth districts finalized Pre-sample stratification	ESNACIFOR/ U. of Idaho	Dec. 1983	4- 7
3. Crew leader/crew training	ESNACIFOR/ U. of Idaho	March 1984	6-10
4. Site unit sampling in field	ESNACIFOR/ U. of Idaho	June 1984	8-13
5. Preliminary data analyses Soils analyses	ESNACIFOR/ U. of Idaho	Sept. 1984	14-16
6. Modify and extend field sampling of site units	ESNACIFOR/ U. of Idaho	March 1985	17-22
7. Data analyses - site classification	ESNACIFOR/ U. of Idaho	May 1985	18-24
8. Site mapping in field Mensuration field sampling	ESNACIFOR/ U. of Idaho	June 1985	17-25
9. Site map preparation Final syntheses	ESNACIFOR/ U. of Idaho	Sept. 1985	24-28
10. Assemble maps for reproduction Final report	ESNACIFOR/ U. of Idaho	Dec. 1985	28-31
11. End of Project		Dec. 31, 1985	

* Months are counted from the actual starting time: June 1, 1983.

ANNEX B
ESTIMATED RESOURCES

	FUNDING (In kind) in thousands US dollars		
	USAID	GRANTEE	TOTAL
DIRECT MATERIALS - 2 vehicles - 4Wd, computer/voltage regulator, soils analysis equipment, scientists housing furnishings, field equipment	39.0		
DIRECT LABOR - University of Idaho scientists, (including benefits)	82.5	34.624.08*	
TRANSPORTATION - airfare and per diem (enroute and in Honduras for US scientists)	17.0	(See Annex B-2f)	
OTHER DIRECT COSTS - expendable field equipment, air freight, consultancies (Honduran personnel), computer expenses, miscellaneous, overhead (at 14.3% minus capital equipment and consultancies)	36.5		
CONTINGENCY	0.0	5.279**	
TOTAL	175.0	39.903***	

* ESNACIFOR/COHDEFOR direct labor costs are included in CY1983 annual budget.

** ESNACIFOR/COHDEFOR CY1983 annual budget (exclusive of direct labor costs) for AID/SCI 2-E-05.

*** Total CY1983 annual budget programmed by ESNACIFOR/COHDEFOR for AID SCI 2E-05. This total does not include costs related to physical infrastructure (lab facilities, water, electricity, and housing).