

Population and ecological regions in the Northern Andes: a pilot study on the utility of
GIS for conservation planning
(draft document)

A joint project of the World Wildlife Fund (WWF) and the International Center for
Tropical Agriculture (CIAT).

September 17, 1999
Cali, Colombia

WWF-CIAT Project Report

Project team:

WWF – Holly Strand, Olga Lucia Hernandez, Mauricio Castro Schmitz

CIAT – Glenn Hyman, Luz Amira Clavijo and Otoniel Madrid

Contents

1. Introduction and Methods
2. The Spatial Database
3. Results and Discussion
4. Conclusion and Recommendations
5. References

Tables

1. Population Density in the Northern Andes Ecosystems
2. Population Density in Holdridge Life Zones

Maps

1. Northern Andes Ecoregions
2. Population Density for the Northern Andes Ecoregion
3. Population Growth Rates for the Northern Andes
4. Accessibility and the Northern Andes Ecoregion
5. Accessibility of the Holdridge Life Zones
6. Male Female Ratio in the Northern Andes
7. Poverty – Malnourishment in Ecuador
8. Poverty – Colombia – Lacking basic needs
9. Poverty – Venezuela – Inadequate housing
10. Potato in the Northern Andes
11. Beans in the Northern Andes

Introduction and Methods

Understanding socioeconomic processes and patterns is a key element in any effort to promote natural resources conservation. One way to address the problem of how to prioritize efforts to improve conservation of natural resources is by using spatial information and analysis as part of the larger conservation planning study. This report describes a pilot project to examine the utility of spatial analysis for studies of population and social issues. WWF is conducting these types of studies in different parts of the world. As one part of the global study, WWF and CIAT teamed together to conduct the Northern Andes Ecoregion component of the project. We put together a small team including 3 WWF researchers and 3 from CIAT. The WWF had already defined the extent of the Ecoregions where they are working and the terms of reference of the work (Freudenberger and Deichmann 1998).

The underlying assumption of the work is that ecoregions of high priority for natural resources conservation are negatively affected by population increase and human intervention. Understanding the population dynamics of these areas should inform the conservation planning process in a positive way (Freudenberger and Deichmann 1998). Our methods are visual map interpretation and standard spatial overlay techniques using geographic data sets. Some of the data sets were preprocessed to provide the proper input data. Other data sets were used from previous studies. The report ends with considerations about the data available for these types of analyses and how future work might be successfully carried out.

The Spatial Database

We generally started off using vector data sets in their original formats. Many of these data sets were converted to raster to permit overlay analysis and the creation of descriptive statistics on each of the Northern Andes Ecoregions.

Most of the information for this project had already been developed for other work related to the Andean countries. We acquired population and social data from each of the Andean countries and linked it to a digital map of administrative boundaries (Jones and Bell 1997). CIAT developed this digital map from paper maps of each individual country. The population and social data is based on the latest population censuses in Venezuela, Colombia, Ecuador and Peru. Colombia and Peru carried out population censuses in 1993 (INEI 1999, DANE 1996). Ecuador and Venezuela data is based on 1990 censuses (OCEI 1991, INEC 1990). The information that we obtained had been aggregated to municipal level.

Biophysical information in the database includes a digital elevation model, climate surfaces, land cover derived from satellite imagery and soil information. The digital elevation model is public domain data that had been resampled to 1 km spatial resolution (Gesch and Larson 1996). The climate surfaces were produced in CIAT at 18 km spatial resolution. Jones (1999) interpolated the climate surfaces from CIAT's tropical climate database using the inverse distance squared method. The 1 km resolution land cover data

set is public domain data based on the NOAA AVHRR satellite (Eros Data Center 1998). Soil data in the database is from the SOTER study by FAO. An additional raster data set is an accessibility surface (Nelson 1999). As reference information, we included the public domain Digital Chart of the World (Smith and Langaas 1995, Danko 1992).

Results and Discussion

The maps made to date can be classified into indicators of demographics, accessibility and poverty. These are the general themes that the overall work seeks to describe within ecological regions, designated areas or other units of interest for conservation. We used WWF's (Dinerstein et al. 1998) Latin American ecoregions map to indicate ecological regions in the Northern Andes (**map 1**). This map, since it covered the entire continent, was originally created at a scale much less detailed than would otherwise be ideal for working in the Northern Andes. We also used a map of Holdridge Life Zones as an ecological region map (Jones 1998). Since the Holdridge classification is based on climate and its vegetation response, the map indicates potential vegetation and biodiversity. Other information that could be used in the future for conservation planning includes protected area maps or distribution maps of a species of interest.

Population is relatively dense in the Northern Andes ecoregions when compared to the Amazon and coastal regions of Andean countries (**map 2 and Table 1**). We estimate a population of over 28 million persons in an area of about 389,000 km² in the Northern Andes. The densest municipios are associated with major Andean cities like Quito, Bogota, Medellin and Merida. Urban areas in the Andes are usually found in fertile inter-montane valleys. **Table 1** shows the estimated population density according to respective ecoregion. **Map 2** shows the coincidence between high population densities and the area representing the Northern Andes forests and paramos. This pattern is due to historical factors of settlement as well as physical conditions. Soils and climate in the mountains have been more hospitable than the inaccessible, malaria-infested lowland tropical forests with less productive soils. The two largest ecoregions of the Northern Andes, the Cordillera Oriental montane forests and the Eastern Cordillera Central montane forests, have the lowest overall population density. These regions border the Amazon rainforest and are generally less accessible. The most dense ecoregion, the Cauca Valley montane forest, includes the Colombian cities of Medellin and Cali, where we expect intense human intervention around these cities. The Santa Marta paramo is relatively small in area but has a population density considerably higher than average. The remaining ecoregions in Table 1 have about average or below average population density.

We used the same spatial overlay method to calculate population density according to Holdridge Life Zone (**Table 2**). The Tropical Dry Forest and the Montane Wet Forest have very dense population. Tropical Dry Forests are likely to be an important ecoregion for conservation and perhaps merit further attention. Many of the life zones have relatively low population densities. However, some of these regions are so small that, despite low population, they deserve more detailed analysis of biological value. An advantage of the Holdridge Life Zone map is that the delineation of ecological zones is

objective. The approach follows strict rules of the classification system and should be judged against the benefits of a subjective ecoregion map based on expert opinion.

High population densities are usually associated with intensive use of natural resources and therefore often considered a threat to biodiversity. Conversion of woodlands, drainage of wetlands, diversion of streams and cutting of natural trees for fuelwood are examples of common activities in high density areas that affect wildlife habitat. These data, therefore, provide key information pointing to where natural habitat may be least intact or subject to the most stress. Areas with lower population density are potential targets for protection or ecological restoration, especially if they contain protected areas or can be developed as multi-use conservation areas or wildlife corridors.

A potentially useful demographic indicator is population growth rate since it could tell us where we might expect future growth, important information for anticipating impact on biological resources. Unfortunately, we could only obtain information at the departmental level for the Andean countries (**map 3**). The departmental administrative units broadly traverse ecoregion boundaries, making it difficult to interpret the map. Nevertheless a couple of generalizations can be made.

Most Northern Andes districts are experiencing a zero to two percent annual growth rate in human population. Although this rate is not terribly high compared to a global rates, any significant growth still adds additional pressure to the local environment. Many coastal and Amazonian districts have rates of over two percent. The most probable cause of this pattern is out-migration from the mountainous highlands to the lowlands. There could also be differences in fertility rates between the two regions. The presence of different ethnic groups in the regions might influence the fertility rate and therefore, growth rate. Districts in the Ecuadorean Andes show the widest variation in growth rate. Cotopaxi has a negative growth rate. This province may have less potential conflict between conservation and economic development goals. Sucumbios, Napo and Zamora Chinchipe have four percent or higher growth rates. The ecoregions on the eastern slope of the Andes generally have high population growth rates. This could be due to the growth of Amazon cities but likely also reflects considerable growth in the High Selva, a region of high biodiversity.

A high growth rate is a red flag to the conservation community. It is sure to cause additional habitat loss as more and more people become dependent on the local resource base. Planners of new conservation spaces must acknowledge the difficulty in preserving biodiversity in areas where both human densities and growth rates are high. On the other hand, some growth spurts are short-lived and should not interfere with a long-term biodiversity vision. Areas with extremely low density and growth rate should be considered for protection if they are more intact. They might also be considered as potential source pools for plant and animal species.

Maps 4 and 5 show relationships between the Northern Andes ecoregions and an accessibility index (Nelson 1999). The index is based on a travel time and cost-distance approach. The model uses the river and road networks to estimate travel time across the terrestrial surface. High accessibility values indicate longer travel times to urban centers.

terrestrial surface. High accessibility values indicate longer travel times to urban centers. Low values indicate that an urban center is highly accessible to a place. The table accompanying **map 4** displays inverted accessibility values per area of the ecoregion. In the map, the darker the color, the longer it would take to reach the area. The Santa Marta paramo, for example, is relatively inaccessible. This ecoregion has less immediate threats of human intervention by way of road and river networks. The Cauca Valley montane forest, by contrast, has a dense transport network compared to other ecoregions. We would expect this ecoregion to be more susceptible to human intervention by way of road and river networks. The Cauca Valley has some very large urban centers with high population density that could impact the natural vegetation of this ecoregion. **Map 5** shows similar results of spatial overlay with accessibility – this time with the Holdridge Life Zones map. Tropical Thorn Woodland and Premontane Desert Scrub life zones have density values about three times higher than the next most accessible life zone. These life zones could merit closer attention to examine their biological value and the current conservation threats. Comparatively inaccessible areas are mostly located in or near paramo landscapes. However, there are some inaccessible areas in the Magdalena Valley and Cordillera Central montane forests.

Proximity of a road encourages diversification in village economies by opening markets to villagers who want to sell labor, artisan products or agricultural produce. Existing and future human populations are more likely to settle in these relatively accessible areas. Priority areas for conservation will have a better chance of remaining intact if they are located away from urban centers and transportation routes. The accessibility model provides a useful viability indicator for buffer zones, corridors and protected areas.

The ratio of males to females is an indicator of household structure that may have some application to conservation planning (**map 6**). Negative ratios often indicate that males are leaving a region for economic opportunities elsewhere. The map shows that the majority of Andean municipios have ratios slightly above or below 1. Northern Andes ratios are unusually low, signifying a preponderance of females. Nearby Amazonian lowlands show a significant majority of men. Since working age males usually take the lead in migration, the spatial pattern is a likely signal that out-migration is taking place from the Andean highlands to the outlying lowlands. This interpretation is supported by the pattern of growth rates in the Northern Andes.

A few areas, such as the isolated unit of Magdalena Valley montane forest northwest of Bucamaranga, Colombia, have ratios considerably higher than 1, indicating that these areas may have greater numbers of people in occupations normally associated with males. More specialized knowledge of this area is required to know if the high gender ratio is also related to occupations associated with greater human impacts on the environment.

Municipios with over ten percent more females than males are mostly in Colombia. They include Pasto, Cali, Villamaria, Ubaque and Libertador in Venezuela. Albania is an extreme case with 7 males for every 10 females. Simiti, Santa Rosa del Sur, Cajamarca, and Ibaque all have male:female ratios higher than 1.4. The pattern in the Colombian

Demographic structure data often reflects economic and social trends which have important implications for conservation planning. Male female ratios indicate migration is a component of the population growth rate. For example, this data suggests that people leaving the Northern Andes are probably migrating to the Amazon and coastal areas. Since the highlands have few economic opportunities and are losing young men, the families remaining behind may suffer from a lack of labor and increased poverty. More households are likely to be headed by women. Therefore, a heightened consideration of gender roles in conservation is warranted.

Areas of high male in-migration are often “boom” economies because of their high potential for short-term economic gain. They are likely to be undergoing rapid population growth accompanied by heightened environmental degradation. The new population is not likely to be conservation oriented, but the original population is likely to be concerned at the changes wrought by new arrivals. Conservation groups might want to assist these original inhabitants in their efforts to maintain local habitat.

Areas with unknown wealth of biodiversity are often silently lost to “boom” style development. If areas of high male to female ratios are indeed undergoing rapid change, emergency conservation measures may be implemented while the economy and environment adjust to each other. These measures might include temporary staffing of anti-poaching brigades and rapid biodiversity assessments.

Maps 7, 8 and 9 show the boundaries of the Northern Andes Ecoregion overlaid on poverty indicators. The maps generally show a pattern of severe poverty in the Andean region. This pattern is likely to be similar to the spatial distribution of ethnic groups in the Andes. Unfortunately, we have not been able to obtain maps of ethnic groups. The pattern is most evident in Ecuador where the Andean municipios with their higher levels of malnourishment can be clearly seen (**Map 7**). All non-Andean municipios have less the 50 percent of their populations malnourished – still an alarming figure. The Andean municipios generally have more than half of their population malnourished, and in some cases more than 70 percent. **Map 8** shows the percentage of the population in Colombia without basic services. The boundaries of the Northern Andes ecoregions are draped over this map. The departments in the Andean zone appear to have lower proportions of their populations without basic services. **Map 9** shows the percentage of households with inadequate house structures. These are defined as houses made of miscellaneous materials gathered haphazardly. According to this map, people in the Northern Andes ecoregions generally have houses that meet a minimum standard for house construction.

The poverty maps need to be viewed with caution. The information shown in Maps 8 and 9 were taken from survey data at the departmental level. This is coarse information that hides the variation within a department. There is probably some relationship physiographic province and poverty indicators. **Map 7** and many other maps of poverty indicators in Ecuador show a similar pattern. This information could be useful for national-scale planning for conservation of natural resources. Interpreting the meaning of

the information remains difficult. Whether poor people exploit natural resources more than rich people is still a question that has not been answered at broad scales.

Maps 10 and 11 show distributions of potato and bean cultivation with respect to the Northern Andes ecoregions. Potentially, these maps could show where agricultural extensification may threaten natural biological resources. These maps however have some very definite limitations for interpretation. The major problem is the level of aggregation of the information. For the Andean countries available crop production information over broad areas is available from national censuses at the department level. Since we do not know where the cultivation takes place within the department, the data at best can only be a very general guide. It might serve to suggest areas where more detailed study is needed. A better alternative for understanding potential agricultural land use impacts on biological resources would be from remote sensing-derived land cover maps. These maps will not be able to identify individual crops, but at least can show where agricultural production is taking place in contrast to forest lands. The maps could also show natural and improved pasture lands, information that is generally not available in agricultural censuses.

Conclusions and Recommendations

Scale problems, data generalization, the combination of biophysical and socio-economic information, and data quality issues are the most important methodological considerations for this type of analysis. The use of the continental scale ecoregions map with finer scale data obtained from national governments is a limitation. The ecoregion boundary lines are obviously drawn from maps with broad scales, while the national data comes is from finer scales. Since there are not enough available data sets to conduct analyses from source maps of the same scale, this is a limitation that will only be overcome when better data is available. Some finer scale ecoregion maps exist and could be utilized for a more detailed analysis.

A common difficulty in the use of data derived from censuses relates to data aggregation. Usually social data has been aggregated from the household level up to the level of administrative district. Within each district, we do not know the location of the variable that is being represented. If an ecoregion boundary cuts through an administrative district, what part of the variable being represented belongs on each side of the ecoregion boundary. Biophysical boundaries usually do not coincide with political boundaries. There are some techniques to distribute socioeconomic information within administrative districts, such as was used to convert the vector polygon map to a raster population surface. Further work is needed on the feasibility of converting other socio-economic data to raster surfaces.

The quality of data is always a consideration because information becomes quickly obsolete soon after collected. Much of the social data used in our database was collected in the early 1990's. Venezuela has new agricultural census information that could be

utilized. Peru is carrying out its next population census in 2000, with the agricultural census to follow in 2001. Many countries in Latin America are carrying out census studies in an effort

There are several opportunities for more detailed analysis of the Northern Andes ecoregions. Population projections to the year 2050 could give us important information for long-term planning. More work with maps of protected areas could help identify pressures on specific conservation areas. Buffer analysis could be used to look at relationships between transport networks and protected areas (Leclerc and Rodriguez 1998). Future work could incorporate information on endangered species and wildlife corridors.

References and Bibliography

Bliss, N.B., and Olsen, L.M., 1996. Development of a 30-arc-second digital elevation model of South America. In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22, 1996.

Danko, D.M., 1992. The digital chart of the world. *GeoInfo Systems*, 2:29-36.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. "República de Colombia Panorama Colombiano." [<http://www.sin.com.co/clientes/DANE/censo93.html>]. Marzo 1996.

Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder and G. Ledec. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington: The World Bank.

Eros Data Center. 1998. South America Land Cover Characteristics Database. (http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/glcc/glcc_sa.html)

Freudenberger, Mark and Uwe Deichmann. 1998. Framework for WWF Population-Environment Overlays. Unpublished Draft Document.

Geographic Names Division, U. S. Army Topographic Command. Official Standard Names approved by the United States Board on Geographic Names.

Gesch, D.B., and Larson, K.S., 1996. Techniques for development of global 1-kilometer digital elevation models. In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22, 1996.

Leclerc, Gregoire and Johnny Rodriguez. 1998. Using a GIS to determine critical areas in the Central Volcanic Cordillera Conservation Area. In Savitsky, Basil and T. Lacher, eds. GIS Methodologies for Developing Conservation Strategies: Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica. New York: Colombia University Press.

Instituto Geografico Nacional. 1984. Mapa Fisico Politico del Peru. 4 sheets. Scale 1:1 000 000. Projection: Transverse Mercator.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 1999. Población nominalmente Censada, por área urbana y rural y sexo, según Provincia y Distrito: 1993. [<http://161.132.90.5/bancocua/080300.htm>] .

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 1990. Censo de Poblacion. Quito, Ecuador.

Instituto Geografico Agustin Codazzi. 1995. Division Administrativa de Colombia Sheet, scale 1:500 000.

Jones, P. G. 1999. METGRID - machine readable dataset. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, Colombia.

Jones, P.G., Bell, W.C., 1997. Cobertura de America Latina. Division Administrativa. Version 1.1. Abril 1997 Formato Digital. CIAT Cali-Colombia.

Jones P. G. 1998. Holdridge life Zones of Latin America. Digital image. CIAT. Cali. Colombia

Nelson, Andrew. 1999. Accessibility in Latin America. Machine readable data set. CIAT Cali-Colombia.

Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI). 1991. Tiempo de Resultados, Primeros resultados censo '90. Caracas, Venezuela.

Oficina Central de Estadística e Informática. 1993. Mapa de la Division Politica Territorial de Venezuela. Scale 1:1500 000. Presidencia de la Republica, direccion de Geografia y Cartografia.

Robison, D., E. Barona, S. Castaño, M. Rincon, H. Becerra, M. Henao y L. Garcia. 1993. Areas Legalmente Protegidas y su Reslacion con La Frontera Agricola en El Tropico Americano. Documento de Trabajo No. 119. Programa Uso de la Tierra. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Savitsky, Basil and T. Lacher, eds. GIS Methodologies for Developing Conservation Strategies: Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica. New York: Colombia University Press.

Smith, Christopher and Sindre Langaas. 1995. A survey of Digital Chart of the World (DCW) use and data quality. Arendal: UNEP/GRID-Arendal, Project No. 205026.

NAME	CODE	KM2	PERSONS/KM2	TOTAL PERSONS
Santa Marta montane forests	1	5,028	79	399,146
Santa Marta paramo	2	1,426	117	166,399
Cordillera Oriental montane forests	3	72,858	46	3,336,380
Northern Andean paramo	4	59,873	149	8,928,891
Venezuelan Andes montane forests	5	17,811	76	1,351,655
Cordillera de Merida paramo	6	3,765	42	159,179
Magdalena Valley montane forests	7	51,738	52	2,678,385
Northwestern Andean montane forests	8	53,632	59	3,161,538
Cauca Valley montane forests	9	33,863	200	6,773,386
Eastern Cordillera Real montane forests	10	83,584	19	1,578,948
Cordillera Central paramo	11	5,387		144,687
		388,965	74	28,678,593

Table 1. Population in the Northern Andes Ecoregions

Table 2. Population in Northern Andes by Holdridge Life Zones

Holdridge Life Zone	AREA km ²	Estimated Population	Density (persons per km ²)
Tropical Thorn woodland	400	7,968	20
Tropical Very dry forest	796	15,522	19
Tropical Dry forest	16,232	2,343,946	144
Tropical Moist forest	40,998	2,099,197	51
Tropical Wet forest	5,600	14,708	3
Premontane Desert scrub	400	10,374	26
Premontane Thorn woodland	1,200	39,828	33
Premontane Dry forest	13,426	445,719	33
Premontane Moist forest	104,372	7,221,986	69
Premontane Wet forest	19,060	578,010	30
Premontane Rain forest	1,600	22,254	14
Lower montane Thorn woodla	800	10,622	13
Lower montane Dry forest	16,394	951,666	58
Lower montane Moist forest	58,034	4,869,767	84
Lower montane Wet forest	30,720	1,964,348	64
Lower montane Rain forest	800	7,365	9
Montane Steppe	4,800	134,093	28
Montane Moist forest	27,402	1,598,637	58
Montane Wet forest	39,412	6,218,727	158
Montane Rain forest	3,200	203,319	64
Subalpine Moist forest	800	11,551	14
Subalpine Wet forest	2,400	208,946	87
Subalpine Rain forest	3,200	137,583	43
Alpine Rain tundra	400	3,930	10
TOTAL		29,120,065	

Source: CIAT population database

Población y regiones ecológicas en los Andes del Norte : Un estudio piloto sobre la
utilidad de GIS para la planificación de la conservación.
(Documento del proyecto)

Un proyecto conjunto del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Centro
Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Septiembre 17 de 1999
Cali, Colombia

WWF-CIAT Informe del Proyecto

Equipo del Proyecto :

WWF - Holly Strand, Olga Lucía Hernández, Mauricio Castro Schmitz
CIAT – Glenn Hyman, Luz Amira Clavijo y Otoniel Madrid

Contenido

1. Introducción y métodos
2. Bases de datos espaciales
3. Resultados y discusión
4. Conclusiones y recomendaciones
5. Referencias

Tablas

1. Densidad de la población en los ecosistemas de los Andes del Norte
2. Densidad de la población en las zonas de vida Holdridge

Mapas

1. Ecoregiones de los Andes del Norte
2. Densidad de la población en las ecoregiones de los Andes del Norte
3. Tasas de crecimiento de la población en los Andes del Norte
4. Accesibilidad en las ecoregiones de los Andes del Norte
5. Accesibilidad de las zonas de vida Holdridge
6. Proporción mujeres - hombres en los Andes del Norte
7. Pobreza – Desnutrición en Ecuador
8. Pobreza – Colombia – Necesidades Básicas Insatisfechas
9. Pobreza – Venezuela – Viviendas inadecuadas
10. El cultivo de la papa en los Andes del Norte
11. El cultivo de frijol en los Andes del Norte

Introducción y métodos

El entendimiento y patrón de los procesos socioeconómicos es un elemento importante en cualquier esfuerzo para promover la conservación de los recursos naturales. Una manera para dirigir el problema de como priorizar los esfuerzos para mejorar la conservación de los recursos naturales, es utilizando el análisis de información espacial como parte de un gran estudio de la planeación para la conservación. Este informe, describe un proyecto piloto para examinar la utilidad del análisis espacial en estudios de población y problemas sociales. WWF conduce estos tipos de estudios en diferentes partes del mundo. Como una parte del estudio global, WWF y CIAT se juntaron en equipo para conducir el proyecto en las ecoregiones de los Andes del Norte. Nos juntamos en un equipo pequeño, incluyendo a 2 investigadores del la WWF y 3 del CIAT. WWF ya había definido la extensión de las ecoregiones donde trabajan y los términos de referencia del trabajo (Freudenberger y Deichmann 1998)

La hipótesis de trabajo es que las ecoregiones de alta prioridad para la conservación de los recursos naturales, está afectada negativamente por el incremento e intervención de la población humana. El entendimiento de la dinámica de la población en esas áreas, debería informar el proceso de planificación de la conservación de una manera positiva (Freudenberger y Deichmann 1998) . Nuestros métodos son interpretaciones visuales de mapas y técnicas normales de sobreposición espacial usando juegos de datos geográficos. Algunos de los datos fueron procesados previamente para suministrar la entrada de los datos correctos. Otros datos fueron usados de estudios previos. El informe termina con consideraciones acerca de datos disponibles para estos tipos de análisis y como se puede llevar a cabo futuros trabajos con éxito.

Base de Datos Espaciales

Generalmente se comienza usando datos tipo vector en sus formatos originales. Muchos de estos datos se convirtieron a datos tipo raster para permitir el análisis en imágenes sobre-puestas y la elaboración de estadísticas descriptivas de cada ecoregión de los Andes del Norte .

La mayoría de la información de este proyecto había sido desarrollada para otros trabajos relacionados con los países andinos. Se consiguió los datos sobre población e

indicadores sociales de cada país andino y se enlazaron a un mapa digital de divisiones administrativas (Jones y Bell 1997) . El CIAT desarrolló este mapa digital utilizando mapas impresos de cada país. Los datos de población e indicadores sociales se basan en los últimos censos de población realizados en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Colombia y Perú llevaron a cabo su último censo en 1993 (INEI 1999, DANE 1996). Los datos de Ecuador y Venezuela se basan en los censos de 1990 (OCEI 1991, INEC 1990). La información obtenida ha sido agregada a nivel de municipio.

La información biofísica de la base de datos incluye un modelo de elevación digital, clima, cobertura del suelo derivadas de información de suelos e imágenes de satélite. Los datos del modelo de elevación digital son de dominio público que han sido re-muestreado a una resolución espacial de 1 km. Jones (1999) interpoló el clima que aparece en la base de datos de clima tropical usando el método del inverso de la distancia al cuadrado. Los datos de cobertura del suelo, con una resolución de 1 km es de dominio público basado en la NOAA AVHRR satélite (Eros Data Center 1998). Los datos sobre suelos es de SOTER, un estudio de la FAO. Un juego de datos raster adicional, es sobre accesibilidad (Nelson 1999). Como información de referencia, incluimos un mapa digital de elevación del mundo que es de dominio público (Smith y Langaas 1995, Danko 1992).

Resultados y Discusión

Los mapas elaborados a la fecha pueden ser clasificados en indicadores Demográficos, Accesibilidad y Pobreza. Estos son los temas generales que el trabajo busca sobre todo describir dentro de las regiones ecológicas, áreas designadas u otras unidades de interés para la conservación. Se utilizó el mapa de WWF (Dinerstein et al. 1998) de las ecoregiones en América Latina, para indicar las regiones ecológicas en los Andes del Norte (**mapa 1**). Este mapa, puesto que cubre todo el continente, fue originalmente creado en una escala menos detallada que podría en otro caso ser ideal para trabajar en los Andes del Norte. También se utilizó un mapa de Zonas de vida de Holdridge según un mapa de regiones ecológicas (Jones 1998). Como la clasificación Holdridge está basada en el clima y su vegetación, el mapa indica la vegetación potencial y la biodiversidad. Otra información que podría ser utilizada en el futuro para la planificación de la conservación, incluye mapas sobre áreas protegidas o mapas de la distribución de especies de interés.

La población es relativamente densa en las ecoregiones de los Andes del Norte cuando se comparó al amazonas con las regiones costeras de los países andinos (**mapa2 y tabla 1**). Estimamos una población por encima de los 28 millones de personas en un área de aproximadamente 389.000 km² en los Andes del Norte. Los municipios más densos están asociados con mayores ciudades andinas como Quito, Bogotá, Medellín y Mérida. Usualmente, en los andes se encuentran áreas urbanas entre montañas y valles fértiles. La **tabla 1** muestra la densidad de población estimada de acuerdo a su respectiva ecoregión. El **mapa 2** muestra la coincidencia entre alta densidad de población y el área representada por los bosques y páramos en los Andes del Norte. Este patrón es debido a factores históricos de colonización como también a las condiciones físicas. Los suelos y el clima en las montañas han sido más hospitalarios que inaccesibles. Los bosques

tropicales en las tierras bajas infestadas de malaria son suelos menos productivos. Las dos más grandes ecoregiones de los Andes del Norte, los bosques de las montañas de la Cordillera Oriental y el este de los bosques de las montañas de la Cordillera Central, tienen sobre todo la más baja densidad de población. Estas regiones bordean el bosque lluvioso del Amazonas y son generalmente menos accesible. La ecoregión más densa, bosques y montañas del valle del Cauca, incluyen las ciudades colombianas de Medellín y Cali, donde esperamos una intensa intervención alrededor de estas ciudades. La sierra nevada de Santamarta es una área relativamente pequeña, pero tiene considerablemente una densidad poblacional más alta que el promedio. Las ecoregiones en la **tabla 1** tienen un promedio de densidad poblacional bajo o cercano al promedio de la población.

Se utilizó el mismo método de sobre-posición espacial de imágenes para calcular la densidad de la población según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (**Tabla 2**).

El bosque tropical seco y las montañas de bosques húmedos, tienen una población muy densa. Los bosques tropicales secos son probablemente una ecoregión importante para la conservación y quizás merece una mayor atención. Muchas de las zonas de vida tienen relativamente bajas densidades de población. Sin embargo, algunas de estas regiones son tan pequeñas que a pesar de la población tan baja, merecen un análisis más detallado de su valor biológico. Una ventaja de los mapas de clasificación de las zonas de vida Holdridge es que la delineación de zonas ecológicas está hecha de una manera objetiva. La metodología sigue reglas estrictas del sistema de clasificación y se debe juzgar contra los beneficios de un mapa subjetivo de ecoregiones basada en la opinión de un experto.

Las altas densidades de población, usualmente están asociadas con el uso intensivo de los recursos naturales y por eso a menudo se ha considerado una amenaza para la biodiversidad. La conversión de bosques, el drenaje de tierras húmedas, desviación de arroyos y la tala de árboles nativos para leña, son ejemplos de las actividades en las áreas de alta densidad que afectan el hábitat de la fauna. Por eso, estos datos proveen una información importante señalando donde el hábitat puede estar menos íntegro o sujeto a mayor estrés. Las áreas con baja densidad de población son blancos potenciales para protección o restauración ecológica, especialmente si contienen áreas protegidas o pueden ser desarrolladas como áreas de conservación de uso múltiple o corredores de la vida silvestre (Wildlife corridors).

Un indicador demográfico potencialmente útil es la tasa de crecimiento, ya que, podría decirnos donde podemos esperar un crecimiento futuro, información que es importante para anticipar el impacto en los recursos biológicos. Desgraciadamente, solo podíamos obtener información a nivel departamental para todos los países andinos (**Mapa 3**). Las unidades administrativas departamentales cruzan ampliamente las fronteras de las ecoregiones, dificultando la interpretación del mapa. No obstante, se pueden hacer un par de generalizaciones.

Los distritos más al norte de los andes experimentan una tasa de crecimiento de la población anual entre 0 y dos por ciento. Aunque esta tasa no es terriblemente alta comparada con la tasa global, cualquier crecimiento significativo agrega todavía más presión al ambiente local. Muchos distritos de la costa y de la amazonía tienen tasas por

encima del dos por ciento. La causa más probable de este patrón es la emigración de las montañas altas a las tierras bajas. Habría también diferencias en las tasas de fertilidad entre las dos regiones. La presencia de diferentes grupos étnicos en las regiones pueden influir en la tasa de fertilidad y por ende en la tasa de crecimiento. Los distritos de los andes de la zona ecuatorial, muestran la variación más amplia en la tasa de crecimiento. Cotopaxi tiene una tasa de crecimiento negativa. Este departamento tiene menos conflictos potenciales entre la conservación y metas del desarrollo económico. Sucumbios, Napo y Zamora Chinchipe tienen cuatro por ciento o más de tasa de crecimiento. Las ecoregiones en la cordillera oriental de los andes, generalmente tienen una tasa alta de crecimiento en la población. Esto, podría ser debido al crecimiento de las ciudades en el Amazonas, pero probablemente refleja también un crecimiento considerable en la selva alta, una región de alta biodiversidad..

Una tasa alta de crecimiento es una bandera roja para la comunidad dedicada a la conservación. Es seguro que causa pérdida adicional en el hábitat, porque más y más personas llegan a ser dependientes de los recursos locales. Los planificadores de los nuevos espacios de conservación deben reconocer la dificultad de preservar la biodiversidad en áreas donde ambas, densidades de población y tasas de crecimiento son altas. De otra manera, algún brote de crecimiento poblacional son de vida corta y no deben interferir con una visión a largo plazo de la biodiversidad. Las áreas con muy bajas densidades y tasas de crecimiento debería ser consideradas para protección si están más intactas. También deberían ser consideradas como una laguna fuente potencial para especies de plantas y animales.

Los **mapas 4 y 5** muestran relaciones entre las ecoregiones del los Andes del Norte y un índice de accesibilidad (Nelson 1999). El índice está basado en el tiempo de viaje y el costo-distancia aproximado. El modelo utiliza los ríos y una red de caminos para estimar el tiempo de viaje por tierra. Valores de alta accesibilidad indican mayor tiempo de viaje a los centros urbanos. Valores bajos indican que un centro urbano es muy accesible al lugar. La tabla que acompaña al **mapa 4** despliega valores de accesibilidad invertidos por área de la ecoregión. La sierra nevada de Santa Marta, por ejemplo, es relativamente inaccesible. Esta ecoregión tiene menos amenazas de intervención humana de inmediato por vías de caminos y redes de ríos. Los bosques de las montañas del valle del Cauca, en contraste, tiene una densa red de transporte, comparados con otras ecoregiones. Se esperaría que esta ecoregión sea más susceptible a la intervención humana por la red de caminos y ríos. El valle del Cauca tiene algunos grandes centros urbanos con alta densidad de población que podría impactar la vegetación natural de esta ecoregión. El **mapa 5** muestra resultados similares de sobre-posición espacial de imágenes con accesibilidad, esta vez con el mapa de zonas de vida de Holdridge. Las zonas de vida bosque tropical *Thorn Woodland* premontano desierto tienen valores de densidad aproximadamente tres veces más que la siguiente zona de vida más accesible. Estas zonas de vida podrían merecer una atención más estrecha para examinar su valor biológico y las amenazas de la conservación presentes. Comparativamente, las áreas inaccesibles están localizadas principalmente cerca a paisajes de paramos. Sin embargo, hay algunas áreas inaccesibles en el valle del Magdalena y en los bosques de las montañas de la cordillera central.

La proximidad a un camino fortalece la diversificación en las economías de los pueblos abriendo mercados a los residentes que quieran vender su mano de obra, productos de artesanía o productos agrícolas. La población existente y las futuras, es más probable que se establezcan en estas áreas relativamente accesibles. Las áreas prioritarias para la conservación tendrán una mejor oportunidad de quedar intacta si están localizadas lejos de los centros urbanos y de las rutas de transporte. El modelo de accesibilidad suministra un indicador útil sobre la viabilidad para zonas de amortiguamiento, áreas protegidas y corredors.

La proporción de hombres a mujeres es un indicador de la estructura familiar que puede tener alguna aplicación para planificar la conservación (**mapa 6**). Proporciones negativas a menudo indican que las mujeres están saliendo de la región debido a oportunidades económicas en otras partes. El mapa muestra que la mayoría de los municipios de los andes tiene proporciones ligeramente por debajo o por encima de 1. Las proporciones en los Andes del Norte son inusualmente bajas, significando una preponderancia de mujeres. Las tierras bajas cercanas a la amazonía muestran una mayoría significativa de hombres. Los hombres en la edad de trabajar generalmente llevan la delantera en migración, este patrón espacial es como una señal de que la emigración se lleva a cabo desde las tierras altas de los Andes hacia las bajas. Esta interpretación tiene como soporte el patrón de la tasas de crecimiento en los Andes del Norte.

Algunas áreas, tales como las del valle del Magdalena, y los bosques del la parte noroeste de Bucaramanga, Colombia, tiene proporciones considerablemente mayores que 1, lo cual indica que estas áreas tienen mayor número de personas en labores normalmente asociadas con los hombres. Un conocimiento especializado de esta área es requerido para saber si la alta tasa en género está también relacionada en ocupaciones asociadas con los mayores impactos humanos en el medio ambiente.

Municipios con más del 10% de mujeres que hombres es muy común en Colombia. Esto incluye Pasto, Cali, Villamaria, Ubaqué y Libertador en Venezuela. Albania es un caso extremo con 7 hombres por cada 10 mujeres. Simiti, Santa Rosa del Sur, Cajamarca e Ibagué tienen una relación hombre mujer mayor que 1.4. El patrón en la amazonía colombiana muestra una tendencia más fuerte hacia un mayor número de hombres. Este patrón puede estar relacionado con el asunto de la guerrilla.

La información sobre la estructura demográfica por lo regular refleja las tendencias socioeconómica las cuales tienen implicaciones importantes para planear la conservación. Las proporciones de hombres a mujeres indican que la migración, es una componente de la tasa de crecimiento de la población. Por ejemplo, esta información sugiere que personas que viven en los Andes del Norte están emigrando probablemente al amazonas y zonas costeras. Como las tierras altas tienen pocas oportunidades en términos económicos y están perdiendo hombres jóvenes, las familias que quedan padecerán de falta de trabajo e incrementará la pobreza. Más familias estarán lideradas por mujeres. Por lo tanto, una elevada consideración del papel de cada uno de los géneros está garantizada.

Las áreas con alta migración de hombres son usualmente el boom o sea el cambio repentino en la economía. Esto es como un cambio rápido en población acompañado por una alta degradación ambiental. La nueva población no está orientada a la conservación del medio ambiente, pero la población original si está preocupada de los cambios que habrán cuando lleguen las nuevas personas. Los grupos conservacionistas desean ayudar al grupo original para que mantengan sus esfuerzos por mantener el hábitat.

Las áreas con un desconocida abundancia en bio-diversidad por lo regular son áreas tendientes a perder el cambio repentino en el estilo de desarrollo. Si las áreas donde hay mayor número de hombres que mujeres están padeciendo el cambio rápido, entonces medidas de emergencia en lo que a conservación se refiere deben ser implementadas mientras que la economía y el medio ambiente son ajustados. Estas medidas pueden incluir un personal temporal, brigadas anti-robos y una rápida distribución de diversidad.

Los **mapas 7, 8 y 9** muestran los límites de la Ecoregion de los Andes del Norte mostrando los indicadores de pobreza. Los mapas generalmente muestran un patrón de pobreza severa en la región andina. Este patrón es muy similar a la distribución espacial de grupos étnicos en los Andes. Desafortunadamente, no tuvimos la suerte de obtener mapas de estos grupos. El patrón es más evidente en Ecuador donde los municipios andinos con sus niveles altos de desnutrición se ven claramente (**mapa 7**). Todos los países no andinos tienen menos del cincuenta por ciento de su población desnutrida. Todavía es una cifra alarmante. Los municipios andinos generalmente tienen más de la mitad de su población desnutrida, y en algunos casos más del setenta por ciento. El **mapa 8** muestra el porcentaje de población en Colombia sin servicios básicos. Los límites de las ecoregiones de los Andes del Norte están colocados encima de este mapa. Los departamentos de la zona andina parecen tener porcentajes más bajos de sus poblaciones sin servicios básicos. El **mapa 9** muestra el porcentaje de casas con estructuras inadecuadas. Estas se definen como casas hechas de diversos materiales reunidos casualmente. Según este mapa, la gente de las ecoregiones del norte de los andes tienen generalmente casas que satisfacen un estándar mínimo de la construcción.

Los mapas de pobreza necesitan ser vistas con precaución. La información mostrada en los **mapas 8 y 9** fue tomada de los datos de una encuesta a nivel departamental. Esta es una información general que oculta la variación dentro de un departamento. Hay probablemente algunas relaciones fisiográficos del departamento y los indicadores de pobreza. El **mapa 7** y muchos otros mapas de indicadores de pobreza en Ecuador muestran un patrón similar. Esta información podía ser útil para la planeación a escala nacional para la conservación de los recursos naturales. Interpretar el significado de la información sigue siendo difícil. Si la gente pobre explota los recursos naturales más que los ricos, es una pregunta que aún no se ha contestado en las amplias escalas.

Los **mapas 10 y 11** muestran la distribución del cultivo de la papa y el frijol con respecto a las ecoregiones de los andes norteños. Potencialmente, estos mapas muestran donde la agricultura intensificada ha amenazado los recursos biológicos naturales. Aunque estos mapas tienen sus limitantes para interpretación, el mayor problema es el nivel de

agregación de la información. Para los países andinos la información de producción de cultivos está disponible de los censos nacionales a nivel departamental. Como no sabemos en que sitio se cultiva dentro de un departamento, los datos a lo mejor pueden ser solamente guía general. Puede servir para sugerir áreas donde se necesita un estudio más detallado. Una mejor alternativa para entender el potencial del manejo de tierra agrícola en cuanto a impacto sobre los recursos biológicos es usar el sistema de sensores remotos para producir información y hacer el levantamiento de cobertura de mapas. Estos mapas no estarán disponibles para identificar cultivos individuales, pero al menos pueden mostrar donde está tomando lugar la producción agrícola en contraste con las tierras de bosques. Estos mapas también podrían mostrar partes naturales y sitios de pastos, información que por lo general no está disponible en los censos de agricultura.

Conclusiones y Recomendaciones

Problemas a escala, generalización de información, combinación de información biofísica y socioeconómica, y calidad de la información son las consideraciones metodológicas más importantes para este tipo de análisis. El uso del mapa de ecoregiones a escala continental con información con escala más fina obtenida con información obtenida del gobierno nacional es una limitante. Las líneas de los límites de estos mapas fueron obviamente dibujadas de mapas con escalas muy amplias, mientras que la información nacional viene en escalas más finas. Como no hay suficiente información disponible para analizar de los mapas fuente y en la misma escala, esto es una limitación que sólo se puede mejorar cuando la información disponible sea de mejor calidad. Algunos mapas ecoregionales a escala fina existen y pueden ser utilizados para un análisis detallado.

La dificultad más común en el uso de información sale de los censos relacionados con la información agregada. Usualmente la información social ha sido agregada de la familia al nivel alto de distrito administrativo. Dentro de cada distrito no sabemos la localización de la variable que está siendo representada. Si la frontera de una ecoregión pasa a través de un distrito administrativo, que parte de la variable esta siendo representada en cada lado de la frontera de la ecoregión. Las fronteras biofísicas generalmente no coinciden con las fronteras politico-administrativas. Hay algunas técnicas para distribuir información socioeconómica dentro de los distritos administrativos, tal como se usó para convertir mapa de vector polígono a uno de población tipo raster. Además el trabajo requiere la viabilidad de convertir otros datos socioeconómicos a raster.

La calidad de los datos debe ser siempre considerada, porque rápidamente se vuelve obsoleta poco después de colectada. Muchos de los datos sociales usados en nuestra base de datos fue reunida cerca de los años 90. Venezuela tiene una nueva información del censo agrícola que podría ser utilizada. Perú estará llevando a cabo su próximo censo de población en el año 2000, y con el censo agrícola continua en el 2001. Muchos países en América latina están haciendo esfuerzos para llevar a cabo estudios de censos.

Hay muchas oportunidades para análisis más detallados de las ecoregiones del norte de los andes. Las proyecciones de población para el año 2050 podría darnos una información importante para la planificación a largo plazo. Mayor trabajo con mapas de áreas

protegidas podría ayudar a identificar presiones sobre áreas de conservación específicas. El análisis de zonas de amortiguación podrían ser utilizados para mirar las relaciones entre las redes de transporte y las áreas protegidas (Leclerc y Rodríguez 1998). Los trabajos futuros podrían incorporar información sobre especies en peligro y acceso a la vida silvestre.

Referencias y Bibliografía

Bliss, N.B., and Olsen, L.M., 1996. Development of a 30-arc-second digital elevation model of South America. In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22, 1996.

Danko, D.M., 1992. The digital chart of the world. *GeoInfo Systems*, 2:29-36.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. "República de Colombia Panorama Colombiano." [<http://www.sin.com.co/clientes/DANE/censo93.html>]. Marzo 1996.

Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder and G. Ledec. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington: The World Bank.

Eros Data Center. 1998. South America Land Cover Characteristics Database. (http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/glcc/glcc_sa.html)

Freidenberger, Mark and Uwe Deichmann. 1998. Framework for WWF Population-Environment Overlays. Unpublished Draft Document.

Geographic Names Division, U. S. Army Topographic Command. Official Standard Names approved by the United States Board on Geographic Names.

Gesch, D.B., and Larson, K.S., 1996. Techniques for development of global 1-kilometer digital elevation models. In: Pecora Thirteen, Human Interactions with the Environment - Perspectives from Space, Sioux Falls, South Dakota, August 20-22, 1996.

Leclerc, Gregoire and Johnny Rodriguez. 1998. Using a GIS to determine critical areas in the Central Volcanic Cordillera Conservation Area. In Savitsky, Basil and T. Lacher, eds. GIS Methodologies for Developing Conservation Strategies: Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica. New York: Colombia University Press.

Instituto Geografico Nacional. 1984. Mapa Fisico Politico del Peru. 4 sheets. Scale 1:1 000 000. Projection: Transverse Mercator.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 1999. Población nominalmente Censada, por área urbana y rural y sexo, según Provincia y Distrito: 1993. [<http://161.132.90.5/bancocua/080300.htm>] .

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 1990. Censo de Poblacion. Quito, Ecuador.

Instituto Geografico Agustin Codazzi. 1995. Division Administrativa de Colombia Sheet, scale 1:500 000.

Jones, P. G. 1999. METGRID - machine readable dataset. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, Colombia.

Jones, P.G., Bell, W.C., 1997. Cobertura de America Latina. Division Administrativa. Version 1.1. Abril 1997 Formato Digital. CIAT Cali-Colombia.

Jones P. G. 1998. Holdridge life Zones of Latin America. Digital image. CIAT. Cali. Colombia

Nelson, Andrew. 1999. Accessibility in Latin America. Machine readable data set. CIAT Cali-Colombia.

Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI). 1991. Tiempo de Resultados, Primeros resultados censo '90. Caracas, Venezuela.

Oficina Central de Estadística e Informática. 1993. Mapa de la Division Política Territorial de Venezuela. Scale 1:1500 000. Presidencia de la Republica, direccion de Geografia y Cartografia.

Robison, D., E. Barona, S. Castaño, M. Rincon, H. Becerra, M. Henao y L. Garcia. 1993. Areas Legalmente Protegidas y su Reslacion con La Frontera Agricola en El Tropico Americano. Documento de Trabajo No. 119. Programa Uso de la Tierra. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Savitsky, Basil and T. Lacher, eds. GIS Methodologies for Developing Conservation Strategies: Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica. New York: Colombia University Press.

Smith, Christopher and Sindre Langaas. 1995. A survey of Digital Chart of the World (DCW) use and data quality. Arendal: UNEP/GRID-Arendal, Project No. 205026.

NAME	CODE	KM2	PERSONS/KM2	TOTAL PERSONS
Santa Marta montane forests	1	5,028	79	399,146
Santa Marta paramo	2	1,426	117	166,399
Cordillera Oriental montane forests	3	72,858	46	3,336,380
Northern Andean paramo	4	59,873	149	8,928,891
Venezuelan Andes montane forests	5	17,811	76	1,351,655
Cordillera de Merida paramo	6	3,765	42	159,179
Magdalena Valley montane forests	7	51,738	52	2,678,385
Northwestern Andean montane forests	8	53,632	59	3,161,538
Cauca Valley montane forests	9	33,863	200	6,773,386
Eastern Cordillera Real montane forests	10	83,584	19	1,578,948
Cordillera Central paramo	11	5,387		144,687
		388,965	74	28,678,593

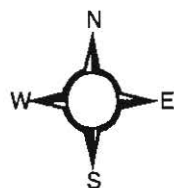
Table 1. Population in the Northern Andes Ecoregions

Table 2. Population in Northern Andes by Holdridge Life Zones

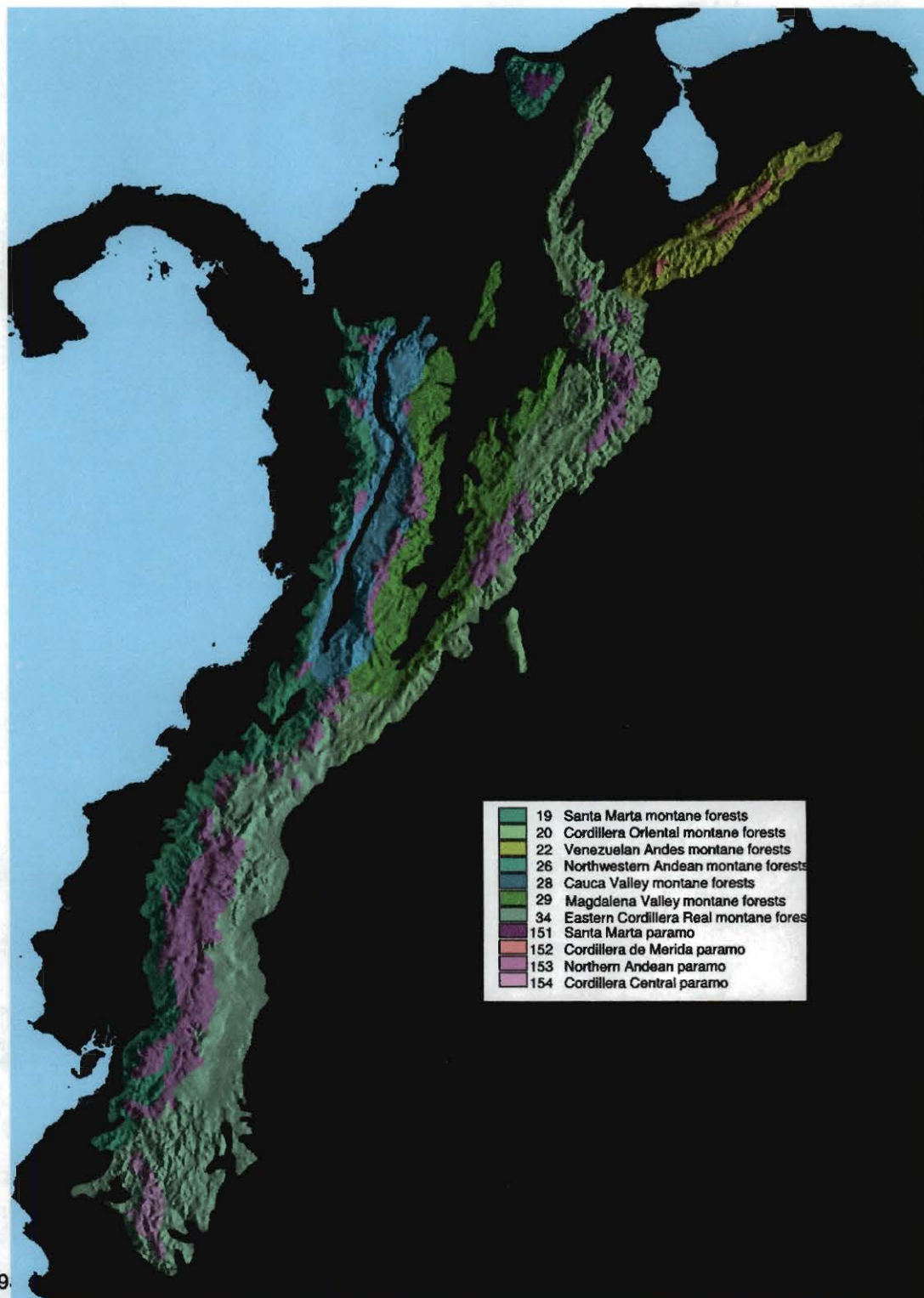
Holdridge Life Zone	AREA km ²	Estimated Population	Density (persons per km ²)
Tropical Thorn woodland	400	7,968	20
Tropical Very dry forest	796	15,522	19
Tropical Dry forest	16,232	2,343,946	144
Tropical Moist forest	40,998	2,099,197	51
Tropical Wet forest	5,600	14,708	3
Premontane Desert scrub	400	10,374	26
Premontane Thorn woodland	1,200	39,828	33
Premontane Dry forest	13,426	445,719	33
Premontane Moist forest	104,372	7,221,986	69
Premontane Wet forest	19,060	578,010	30
Premontane Rain forest	1,600	22,254	14
Lower montane Thorn woodla	800	10,622	13
Lower montane Dry forest	16,394	951,666	58
Lower montane Moist forest	58,034	4,869,767	84
Lower montane Wet forest	30,720	1,964,348	64
Lower montane Rain forest	800	7,365	9
Montane Steppe	4,800	134,093	28
Montane Moist forest	27,402	1,598,637	58
Montane Wet forest	39,412	6,218,727	158
Montane Rain forest	3,200	203,319	64
Subalpine Moist forest	800	11,551	14
Subalpine Wet forest	2,400	208,946	87
Subalpine Rain forest	3,200	137,583	43
Alpine Rain tundra	400	3,930	10
TOTAL		29,120,065	

Source: CIAT population database

Map. 1 : *Northern Andes Ecoregions*



1:4500000



- | | |
|-----|---|
| 19 | Santa Marta montane forests |
| 20 | Cordillera Oriental montane forests |
| 22 | Venezuelan Andes montane forests |
| 26 | Northwestern Andean montane forests |
| 28 | Cauca Valley montane forests |
| 29 | Magdalena Valley montane forests |
| 34 | Eastern Cordillera Real montane forests |
| 151 | Santa Marta paramo |
| 152 | Cordillera de Merida paramo |
| 153 | Northern Andean paramo |
| 154 | Cordillera Central paramo |

NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

Projection Lambert-Azimuthal
Units Meters
Major Axis 6370997
Long. -60 0 0
Lat. -15 0 0

Joint project of WWF-Colombia
and CIAT

Prepared by H.Strand and
O.L.Hernandez

April, 1999

SOURCES

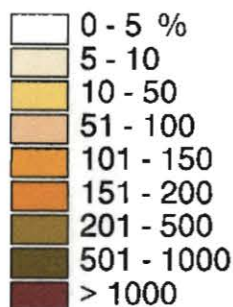
Ecoregions: WWF-US, 199.

Digital Elevation Model:

Gesh, D.B. and K.S. Larson, 1996.
Techniques for development of global 1-Km.
digital elevation model. In: Pecoña Thirteen,
Human Interactions with the environmental
- Perspectives from space, Sioux Fall,
South Dakota, August 20-22, 1996.



Map. 2 : Population Density for the Northern Andes Region



 Northern Andes
ecoregion boundary

Sources:

Population
Peru : Censo 1993
Ecuador : Censo 1990
Colombia : DANE 1993
Venezuela : OCEI 1990

Countries : DCW, 1996

Ecoregions : WWF_US, 1998.

NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

Project Lambert-Azimuthal
Major Axis: 6370997
Long. -60 0 0
Lat. -15 0 0

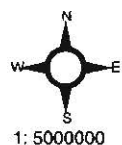
Joint project of
WWF-Colombia and CIAT.

Prepared by
H.Strand and O.Hernandez

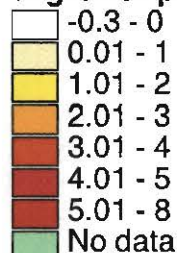
April, 1999



Map. 3 : Population growth rates for the Northern Andes Region



% growth per year



 Northern Andes
ecoregion boundary

Sources:

Population
Peru : Censo 1993
Ecuador : Censo 1990
Colombia : DANE 1993
Venezuela : OCEI 1990

Countries : DCW, 1996

Ecoregions : WWF_US, 1998.

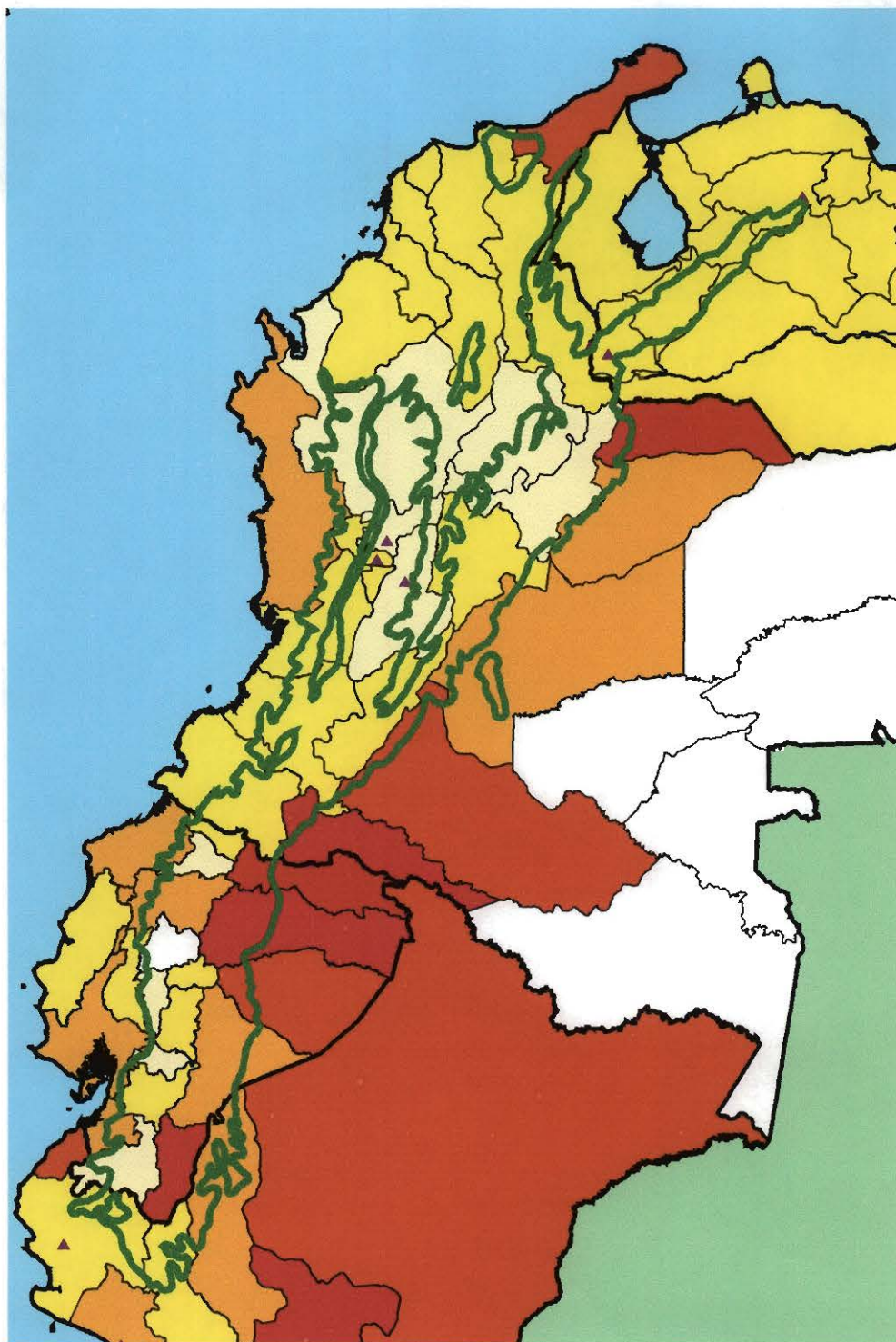
NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

Project Lambert-Azimuthal
Major Axis: 6370997
Long. -60 0 0
Lat. -15 0 0

Joint project of
WWF-Colombia and CIAT.

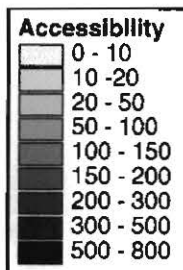
Prepared by
H.Strand and O.Hernandez

April, 1999



Map. 4:

Accessibility and the Northern Andes Ecoregion



Ecoregions	Density
Cauca Valley montane fores	54.4
Magdalena Valley montane f	34.4
Northwestern Andean montan	33.8
Venezuelan Andes montane f	31.0
Northern Andean paramo	30.4
Cordillera de Merida param	29.3
Eastern Cordillera Real mo	25.0
Santa Marta montane forest	22.3
Cordillera Oriental montan	22.0
Cordillera Central paramo	19.0
Santa Marta paramo	11.6

Ecoregion

- Cauca Valley montane forests
- Cordillera Central paramo
- Cordillera Oriental montane forests
- Cordillera de Merida paramo
- Eastern Cordillera Real montane forests
- Magdalena Valley montane forests
- Northern Andean paramo
- Northwestern Andean montane forests
- Santa Marta montane forests
- Santa Marta paramo
- Venezuelan Andes montane forests

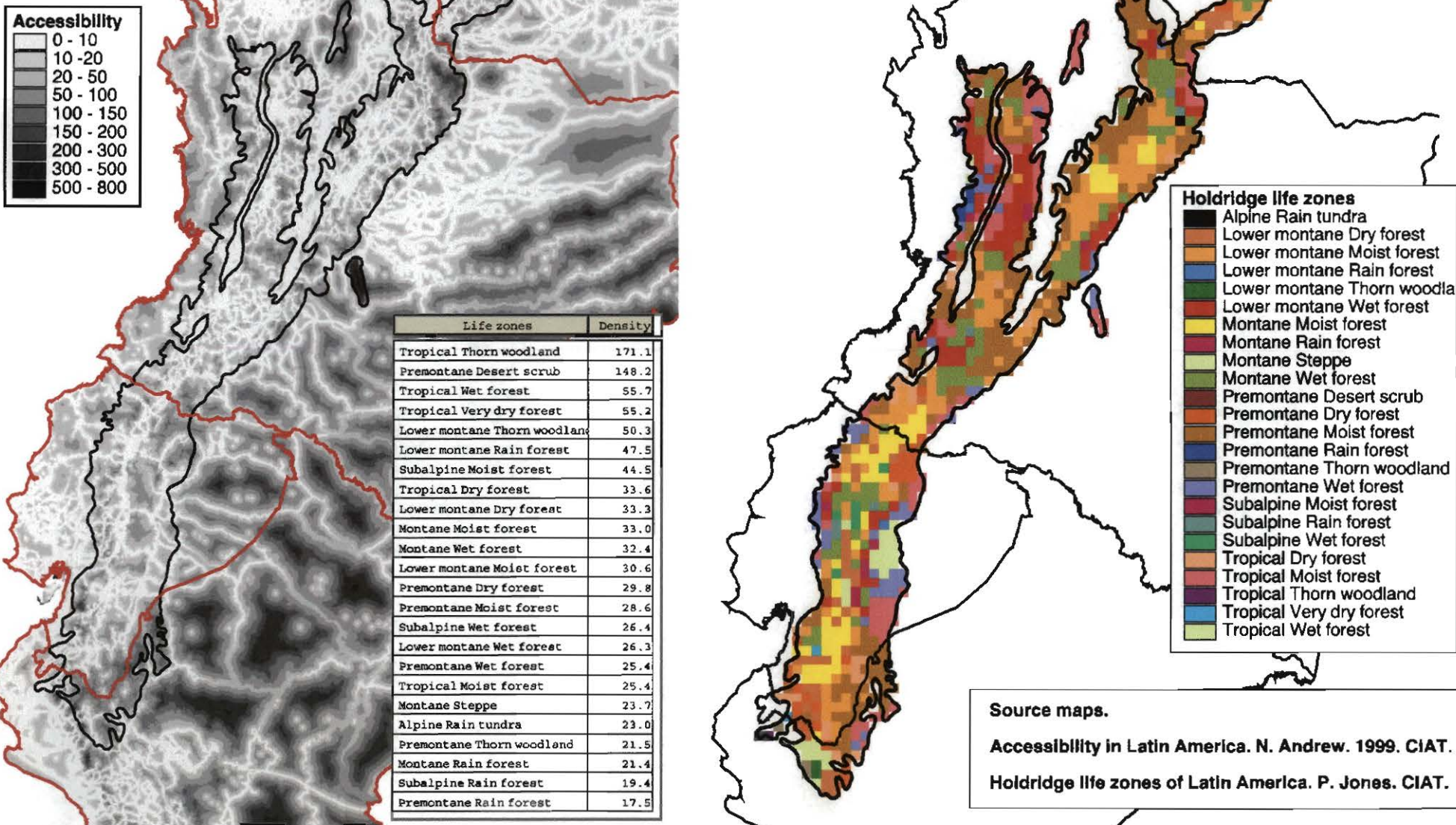
Source maps.

Accessibility In Latin America. N. Andrew. 1999. CIAT.

Ecoregions: WWF-US. 1998

Map. 5 :

Accessibility of the Holdridge life zones



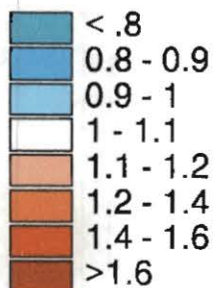
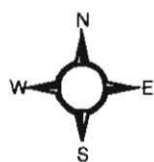
Source maps.

Accessibility in Latin America. N. Andrew. 1999. CIAT.

Holdridge life zones of Latin America. P. Jones. CIAT.

Map. 6 :

Male / Female ratio in the Northern Andes



Northern Andes
ecoregion boundary

Population
Peru : Censo 1993
Ecuador : Censo 1990
Colombia : DANE 1993
Venezuela : OCEI 1990

Countries : DCW, 1996

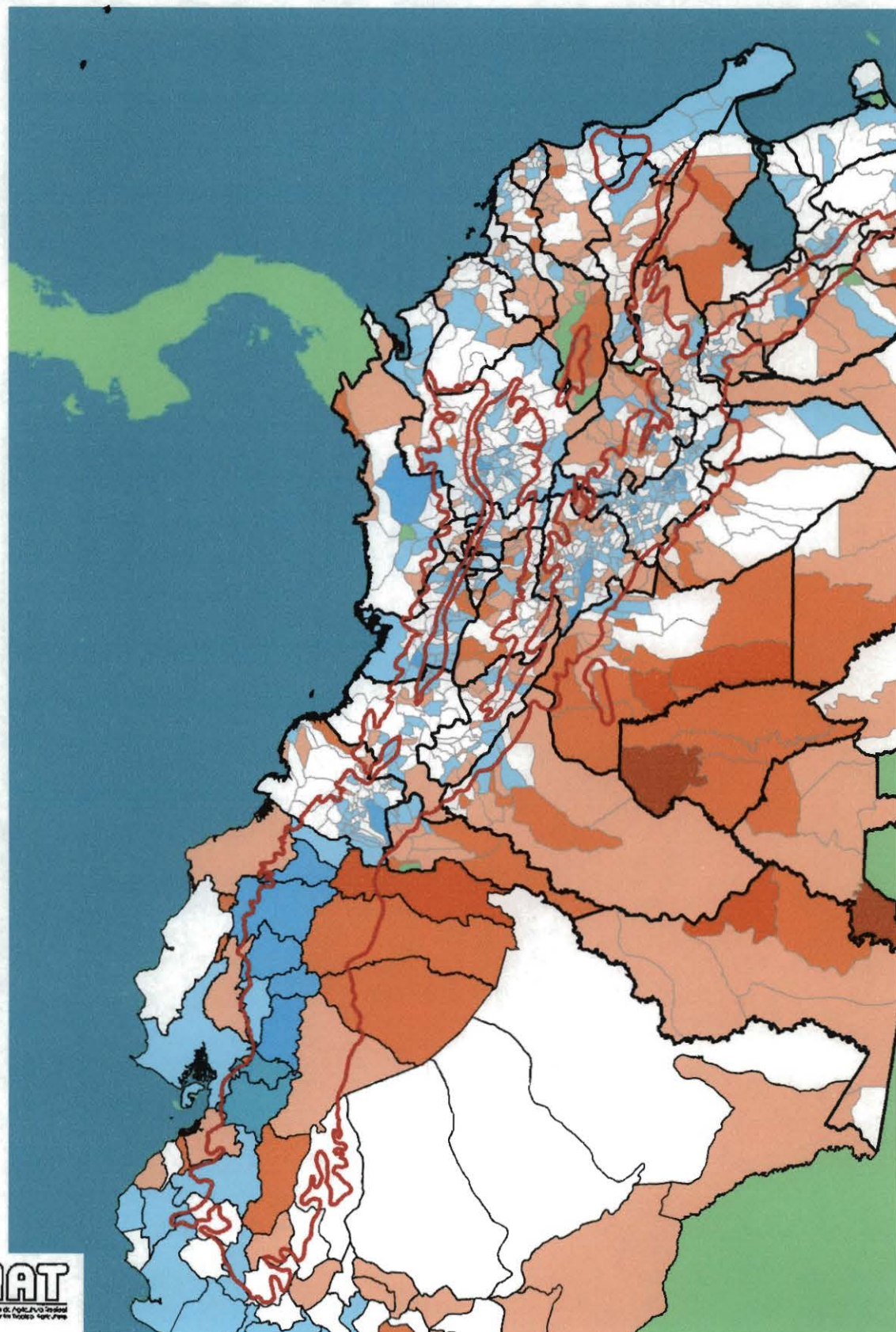
Ecoregions : WWF_US, 1998.

NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

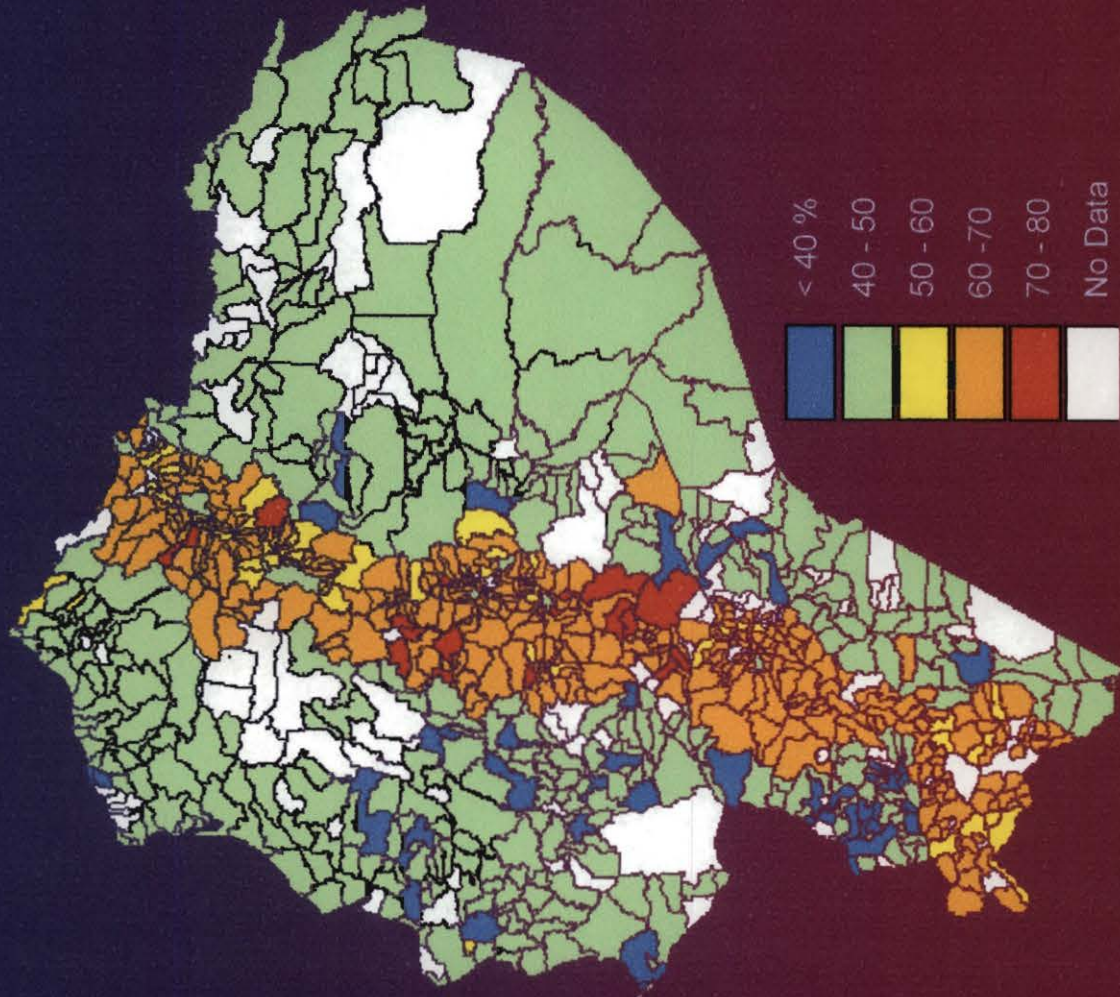
Project Lambert-Azimuthal
Major Axis: 6370997
Long. -60 0 0
Lat. -15 0 0

Joint project of
WWF-Colombia and CIAT.

April, 1999



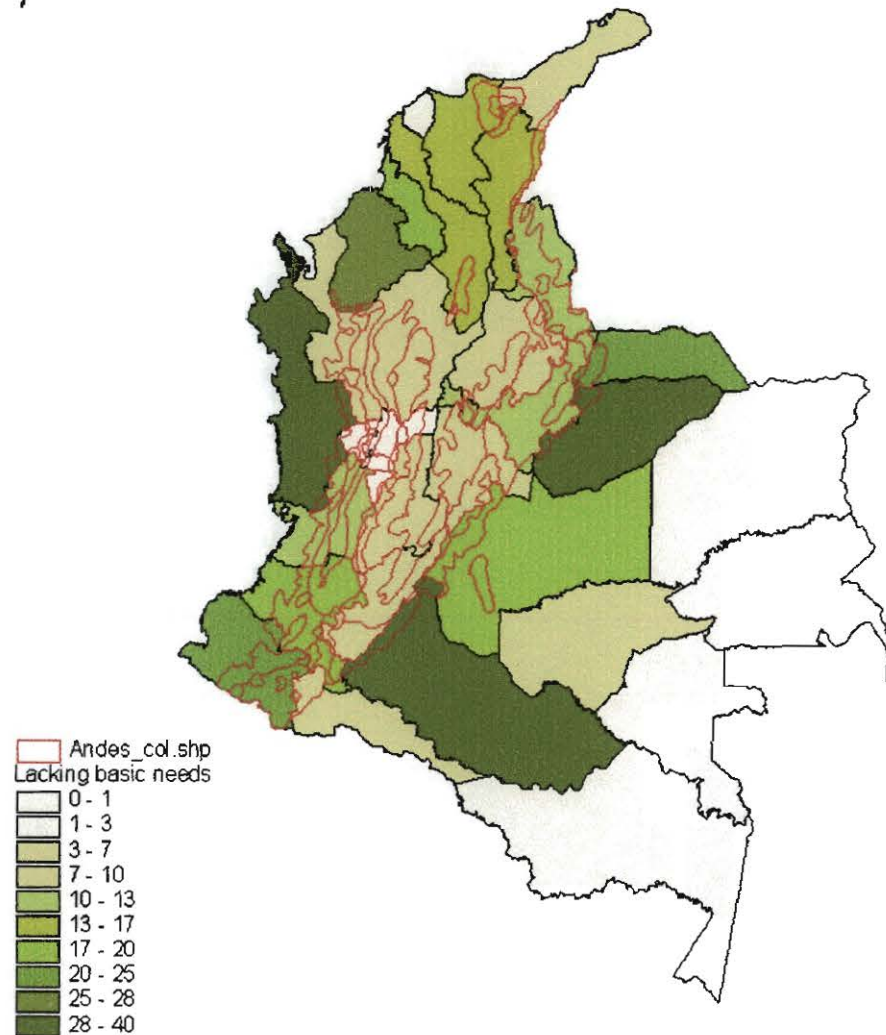
Map 7. Poverty - Malnourishment in Ecuador



Shaded relief of Ecuador's terrain

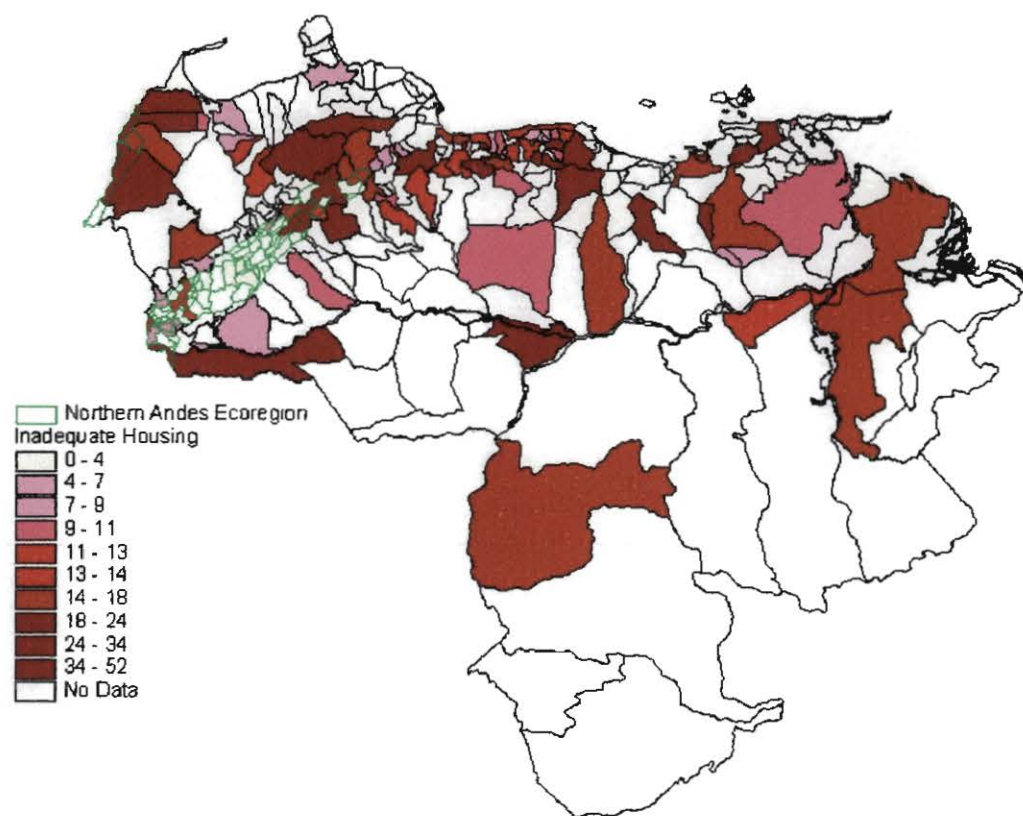
Source: INEC, Censo de población de 1990; INEC-Banco Mundial, Encuesta de condiciones de vida, 1995; STFS, Información reportada a UNICEF sobre mortalidad infantil. Moreano, Marcelo, Carrasco, Fernando y Bacallao, Jorge. Desnutrición y condiciones socioeconómicas en el Ecuador, Quito: CONADE-UNICEF-OPS, 1994.

Map 8. Poverty - Colombia - Lacking basic needs



Source : Colombia DANE 1993

Map 9. Poverty - Venezuela - Inadequating housing



Source : Venezuela OCEI censo 1990

Map. 10 :

Potato in the Northern Andes

NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

▲ 1 Dot = 500 has

Ecoregions

- Cauca Valley montane forests
- Cordillera Central paramo
- Cordillera Oriental montane forests
- Cordillera de Merida paramo
- Eastern Cordillera Real montane forests
- Magdalena Valley montane forests
- Northern Andean paramo
- Northwestern Andean montane forests
- Santa Marta montane forests
- Santa Marta paramo
- Venezuelan Andes montane forests

Sources Crops:

Colombia : DANE, 1993
Ecuador : INEC, 1995
Venezuela : DEI, 1995

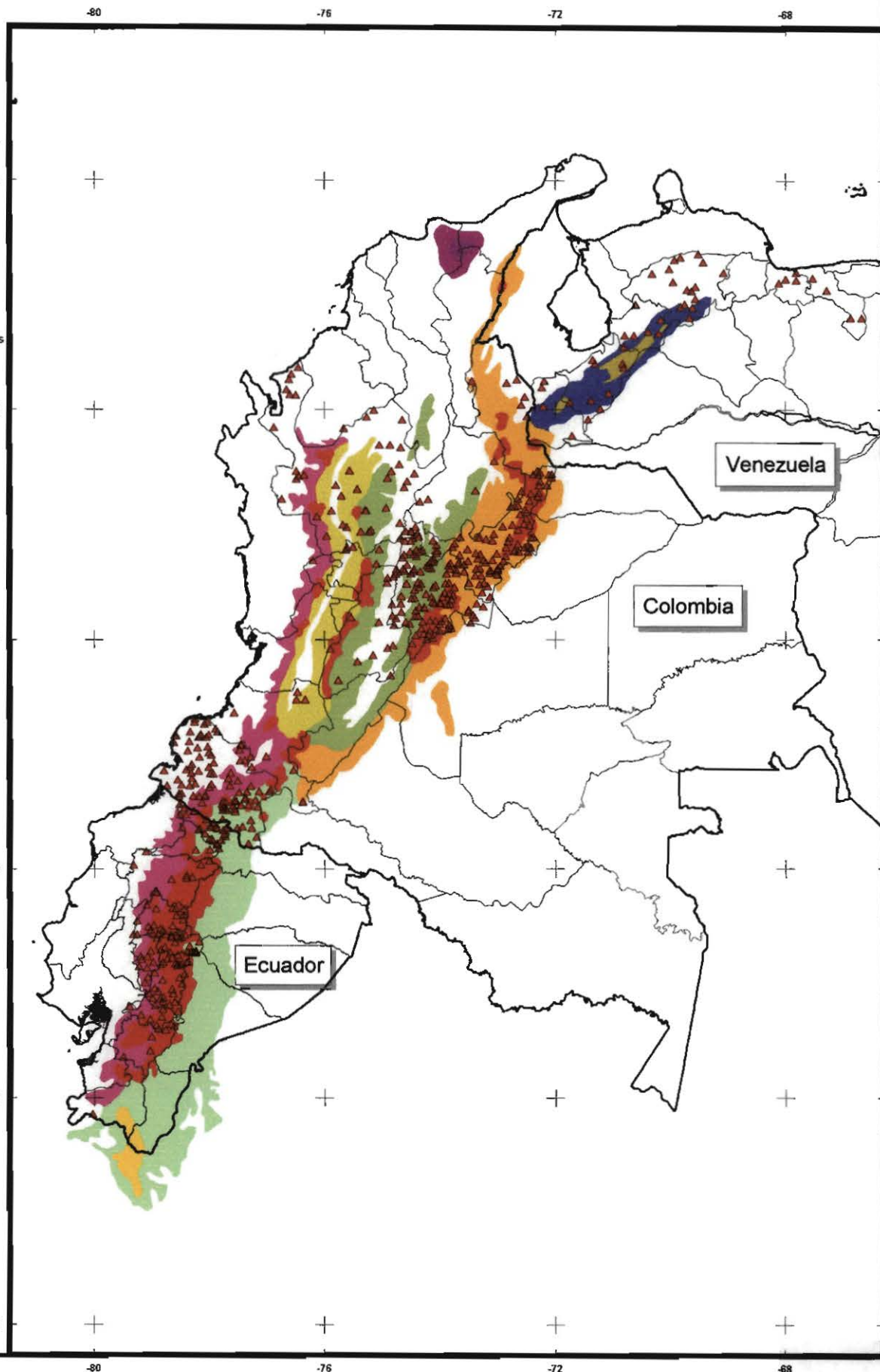


50 0 50 100 Kilometers

Project Lambert-Azimuthal
Major Axis : 6370997

Long. -60 0 0
Lat. -15 0 0

April 1999



Map. 11 :

Bean in the Northern Andes

NORTHERN ANDES ECOREGION PROJECT

▲ 1 Dot = 500 has

Ecoregions

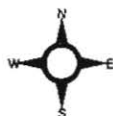
- Cauca Valley montane forests
- Cordillera Central paramo
- Cordillera Oriental montane forests
- Cordillera de Merida paramo
- Eastern Cordillera Real montane forests
- Magdalena Valley montane forests
- Northern Andean paramo
- Northwestern Andean montane forests
- Santa Marta montane forests
- Santa Marta paramo
- Venezuelan Andes montane forests

Sources Crops:

Colombia : DANE, 1993

Ecuador : INEC, 1995

Venezuela : DEI, 1995



50 0 50 100 Kilometers



Project Lambert-Azimuthal

Major Axis : 6370997

Long. -60 0 0

Lat. -15 0 0

April 1999

