

CONTENIDO/CONTENTS

EDITORIAL.....	5
Desertificación, un flagelo de la humanidad	
Nery Urquiza.....	7
Desertificación: Bases Conceptuales y Metodológicas para la Planificación y Gestión. Aportes a la toma de decisión	
Elena María Abraham.....	18
Acciones del Instituto Nacional de Recursos Naturales como punto focal de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía en el Perú.	
Jorge Millones Olano.....	68
Manejo y Domesticación de Cactáceas en Mesoamérica	
Alejandro Casas, Adriana Otero-Arnaiz, Edgar Pérez-Negrón y Alfonso Valiente-Banuet.....	74
El Niño en el Perú: Viejos y Nuevos temas	
Eduardo Franco Temple.....	104
Ecosistemas de Arequipa. Oferta Ambiental, Desarrollo Sustentable y Desertificación	
Percy Jiménez , José F. Villasante, Bernabé C. Talavera y Luis N. Villegas.....	118
Minería Metálica en Piura: Elevado Riesgo Innecesario para una Región Agraria de Zonas Áridas	
Fidel Torres Guevara.....	133
Vegetación y Balance Hídrico en una cuenca semi-árida. Caso: Cuenca del Río San Marcos (Estado Tamaulipas, México).	
Juan Torres Guevara.....	152
Distribución Altitudinal de las Especies Vegetales más frecuentes de las Lomas de Atiquipa del desierto sur del Perú (Arequipa)	
Aldo Ceroni Stuva.....	173
Categorización y Conservación en Cactáceas Peruanas	
Carlos Ostolaza Nano.....	194
Detección de cambios en los bosques secos del norte del Perú: Un análisis temporal entre los años 1991 y 2000 en “Malinguitas”	
Marco Bravo Ferro y Miriam Rodríguez Sánchez.....	206

Las Aves y las Poblaciones Rurales en los Algarrobales de las zonas áridas de Piura: Sechura y Tambogrande	
Dora Velásquez Milla.....	228
Reforestación con algarrobo (<i>Prosopis pallida</i>) en la Región Desértica de Piura, Perú	
Luis Albán.....	244
Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de <i>Prosopis pallida</i> en condiciones naturales del Fenómeno “El Niño” en la Costa Árida del Norte del Perú (Lambayeque)	
Aníbal Calderón.....	253
<u>Notas Técnicas:</u>	
Propuesta de Ordenamiento Físico de una Unidad Comunal de Producción ubicada en las zonas áridas de la Costa Norte del Perú (dist. Castilla, Piura, Perú)	
Lorena Nolte Palacios.....	262
Cultivo ecológico de frutales caducifolios en ecosistemas áridos	
Ana Sabogal.....	278

EDITORIAL

Zonas Áridas reaparece luego de 12 años de silencio, después de la crisis moral y del ambiente anti-científico que reinó en la década de los noventa en nuestro país. Esta edición especial de la Revista continua con el mismo objetivo: el de dar a conocer los trabajos que sobre zonas áridas se están realizando dentro y fuera de nuestro país. Este número siete (7), de relanzamiento, tiene como uno de sus temas centrales la Lucha contra la Desertificación.

El tema de la desertificación está muy asociado tanto a las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas que constituyen más de la tercera parte de las tierras firmes del mundo, como a la pobreza debido a que son sumamente vulnerables y propensas a ingresar en procesos de degradación. Cuando nos referimos al problema de la desertificación, éste es relacionado con frecuencia al África; sin embargo, muchas zonas de América Latina y el Caribe están implicadas ya sea por el clima árido o semiárido o por el carácter montañoso de su fisiografía, incluyendo de esta manera, especialmente, a los países andinos desde Venezuela hasta la Argentina (7250 km de cordillera).

En países megadiversos como los andinos y mesoamericanos una de las expresiones de la desertificación que acompaña a la degradación de las tierras es la erosión genética, la pérdida de variedades, sobre todo, de especies cultivadas por el avance de las concepciones homogenizantes de los monocultivos comerciales y el uso de tecnologías que no han sido capaces de incorporar las especificidades de los ecosistemas áridos de nuestros países configurando de esta manera a la desertificación como un problema con un fuerte componente social.

La Lucha contra la desertificación por lo tanto está muy asociada a la conservación de los suelos, la diversidad biológica, la lucha contra la pobreza así como al cambio climático haciéndose cada vez más necesaria una sinergia entre las tres Convenciones y otras afines.

En este número la Revista presenta trabajos de Cuba, México y Argentina así como otros realizados en el Perú (Lima, Piura, Lambayeque y Arequipa). Encabeza la edición, un trabajo sobre la desertificación, como flagelo de la humanidad que nos hace reflexionar una vez más acerca del proceso en el que participamos y que no debemos dejar de combatir luego se encuentra un artículo con aportes de bases conceptuales y metodológicas para la planificación y gestión propuesto por el IADIZA. Le sigue uno referido al estado de cumplimiento del Perú en relación con la Convención de Lucha contra la Desertificación. Continúan trabajos que nos dan una visión de conjunto sobre las cactáceas en Mesoamérica, El Niño en el Perú, la situación de los ecosistemas que conforman a un Departamento del Sur del Perú (Arequipa) y el papel que puede jugar la minería en un proceso de desertificación. Finalmente se presentan 6 artículos científicos y 2 notas técnicas.

En esta ocasión son miembros del Comité Editor, los participantes del curso de Manejo de Zonas Áridas de la maestría de Ecología y Gestión Ambiental de la Escuela de Post Grado de la Universidad Particular Ricardo Palma, quienes bajo

la dirección de Tania Acuña Zevallos han permitido la aparición de este número siete de la Revista Zonas Áridas.

El Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina agradece el auspicio del Proyecto Algarrobo para la publicación del presente número de la Revista.

Juan Torres Guevara
Director CIZA

Desertificación, un flagelo de la humanidad

María Nery Urquiza Rodríguez¹

¹Coordinadora del Grupo Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, especialista del Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental. E-mail: nery@ama.cu

Resumen

El tema de la Desertificación, se incluye en el temario internacional como problema económico, social y ambiental en la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación, en 1977. Sin embargo, el Plan de Acción de las Naciones Unidas, de las décadas 70s y 80s fracasó, debido a problemas económicos. Ya en 1994 después de realizada la Cumbre de la Tierra, y como resultado de las negociaciones de los países en desarrollo, se preparó La Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, como instrumento jurídicamente vinculante, y entró en vigor en diciembre de 1996. En esta Convención se define lo que es la *desertificación*, y sobre esa base se presentan datos de zonas secas en el mundo y superficies afectadas globalmente debido a diversas causas. De estas causas predominan las antrópicas, como la deforestación, pastoreo excesivo, mala administración de las tierras de labranza, entre otras, creando como consecuencia de ello, una disminución de las capacidades para producir alimentos; disminución de la calidad de vida; deterioro del ambiente; deterioro de la economía y migración. En este contexto, se establece un círculo entre pobreza y desertificación que es difícil de romper, aunque la desertificación es sólo un elemento consustancial a la pobreza. En América Latina y El Caribe, como en otras regiones del mundo, el impacto de la desertificación es directamente sufrido por la población de menos recursos, quienes ocupan áreas marginales y vulnerables, con menos accesos a las tecnologías y medios de subsistencia. En esta coyuntura, es necesario implementar acciones inmediatas de prevención, recuperación y rehabilitación de las tierras afectadas; mejorar el acceso al agua y a las tecnologías, intensificar las acciones de reforestación y detener la deforestación; incrementar la sensibilización y la educación ambiental, a fin de llevar adelante una batalla efectiva contra la desertificación y mitigar los efectos nefastos de la sequía. Un instrumento de probada eficiencia, lo constituyen los Programas de Acción Nacionales.

Palabras clave: Desertificación, Convención de Lucha contra la Desertificación.

Abstract

Desertification was included in the international agenda as a social, economic and environmental problem in the first Conference of the United Nations about Desertification, in 1977. However, the United Nations Action Plan of the 70s and 80s failed due to economic problems. In 1994, after the Earth Summit and as a result of the negotiations of developing countries, the Convention to Combat desertification was prepared as a juridical tool and it started in 1996. In the Convention the word desertification is defined and based on it there are shown data from dry areas of the world and globally affected due to several circumstances. The main anthropogenic causes are deforestation, excessive overgrazing, bad management of culture lands, among others. This will cause a decrease on the capacities to produce food, decrease life quality, environmental damage, as well as damage in the economy and migration. In this context, we can perceive a circle between poverty and desertification that is difficult to break, even desertification is only a circumstantial element to poverty. In Latin America and the Caribbean, as in other regions around the world, the impact of desertification is directly suffered by the population with less resources, who occupy marginal and vulnerable areas, with less access to technology. In this international occasion, it is necessary to set immediate activities of prevention, recovery and rehabilitation of affected lands, improve the access to water and to technology, intensify forestry actions and stop deforestation; increase sensibilization and environmental education in order to carry out an effective battle against desertification and alleviate the negative effects of drought. National Action Programs are considered as one effective tool.

Key words: Desertification, Convention to Combat Desertification.

Introducción

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación, celebrada en Nairobi en 1977, marcó un importante momento en la evaluación de la desertificación. Esta decide incluirlo en el temario internacional como problema económico, social y ambiental de alcance mundial.

De esa Conferencia se derivó el Plan de Acción de las Naciones Unidas de Lucha contra la desertificación que contenía directrices y recomendaciones destinadas a ayudar a los países afectados a preparar planes de acción para acometer el problema y estimular y coordinar la asistencia técnica y financiera de la comunidad internacional. La falta de fondos lo hizo fracasar.

No obstante, se realizaron importantes acciones que aunque no resolvieron el problema sustantivo, contribuyeron a la sensibilización y al conocimiento acerca de este fenómeno. El primer Atlas Mundial sobre Desertificación, publicado por el PNUMA, fue un paso trascendental.

Durante los preparativos de la Cumbre para la Tierra, las naciones en desarrollo, encabezadas por los países africanos, insistieron en la necesidad de prestar atención a la desertificación y a los efectos de la sequía. Después de arduas negociaciones, los Jefes de Estado y de Gobierno acordaron solicitar a la Asamblea General de Naciones Unidas se instituyera un Comité Intergubernamental de Negociación que preparase un instrumento jurídicamente vinculante, lo cual se consiguió como resultado de los acuerdos de Río en 1992.

¿ Es la desertificación un problema global?

No pocos comentarios y contradicciones ha suscitado este tema. Las posiciones de unos están basadas en el hecho de que la desertificación es consustancial con los desiertos, es decir confunden el “proceso de desertificación” con la existencia de los desiertos. Otros aducen que, efectivamente el origen de la palabra desertificación hace alusión a la existencia de estos ecosistemas pero la desertificación no es un estado estático, sino al cual se llega a través de un proceso de deterioro creciente de las tierras de cultivo en el cual están involucrados diferentes agentes modificadores del entorno, inclusive, el hombre.

Existen evidencias que demuestran que muchos de los desiertos actuales se produjeron progresivamente hace unos 8 000 años. Las laderas y valles del Líbano, Siria, el litoral de Egipto y Túnez, hace 2 000 - 3 000 años, estaban cubiertos de una rica vegetación. La tala de árboles, la destrucción de la vegetación forestal y herbácea, el pisoteo de los pastos por el ganado y la erosión causada por el agua o el viento, transformaron esas regiones en semidesiertos o desiertos. El medio natural de la Península Arábiga y de Africa del Norte ha sido sustituido por un nuevo paisaje creado por el hombre, a través de una larga historia de pastoreo nómada incontrolado y de deforestación de los suelos arenosos. Una gran parte del desierto de Sonora, en Arizona, y casi la totalidad del desierto de Nuevo México, deben su existencia al pastoreo excesivo practicado en los últimos siglos, al igual que las vastas extensiones de tierras áridas del Asia Central. (Kovda, 1977)

Es por esto que la desertificación se entiende como un proceso que se inicia con la degradación de las tierras cultivadas, en el cual las condiciones climáticas son un condicionante y la acción del hombre, desencadena dichos procesos hasta su expresión más acabada que es la desertificación. La definición del término DESERTIFICACION, asumido por la Convención, explicita lo siguiente:

Desertificación.- Degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. (Texto de la CCD, 1996)

Se entiende asimismo que:

Degradación de las tierras.- (Texto de la CCD, 1996) Reducción o pérdida de la productividad biológica o económica de las tierras agrícolas debido a los sistemas de utilización de la tierra por un proceso natural o por una combinación de ambos.

Es importante, no confundir el término de desertificación con el de desertización:

Desertización. (Diccionario del Medio ambiente. Edit. EINIA, Barcelona, 1994) Proceso por el cual un área geográfica determinada pierde gradualmente su población hasta quedar prácticamente despoblada por entero. Es un fenómeno típico de las zonas de montaña o consecuencia de la previa desertificación.

Esta definición va dirigida básicamente hacia los aspectos demográficos que también ejercen una influencia capital.

Desertización. (España, Ministerio de obras Públicas y Urbanismo. Tesoro del Medio Ambiente. Edit. MOPU. Madrid, 1990) Proceso natural de aumento de la aridez de una zona.

Nota.- La diferencia de los términos desertificación y desertización radica en su condición de fenómeno natural (desertización) o de proceso en el cual interviene la acción humana (desertificación)

Zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas: Zonas en las cuales la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0.05 y 0.65.

Zonas afectadas: Aquellas zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas afectadas o amenazadas.

País afectado: País cuya superficie incluye total o parcialmente, zonas afectadas.

A partir de tales definiciones, se llega a la conclusión de la generalidad del tema. Después del reconocimiento de la dimensión global de éste fenómeno, y por supuesto, del acuerdo en que el clima es un condicionante y que es la acción humana la que desencadena los procesos conducentes hacia la desertificación,

vale analizar que áreas geográficas son las más afectadas en el mundo y por qué se concentra la desertificación en los países pobres.

Aunque los datos manejados sobre las tierras afectadas, tienden a marcar algunas diferencias en las cifras, ellas resultan válidas para acercarnos a la respuesta (Cuadros 1, 2 y 3).

Cuadro 1.- Desertificación en el Mundo

Zonas secas del mundo	Proporción relativa al área total de tierras emergidas	Tierras afectadas	Fuente
6 100 MM ha	40%	70% de las tierras secas	Juan Izquierdo, FAO, 1995

Superficie afectada global (MM ha)	Fuente
3 500 en 100 países	PNUMA 1992 Boletín Control de la desertif. Pag 9, 26: 1995
5 200 (en tierras secas)	PNUMA 1992 Boletín Control de la desertif. Pag 9, 26: 1995

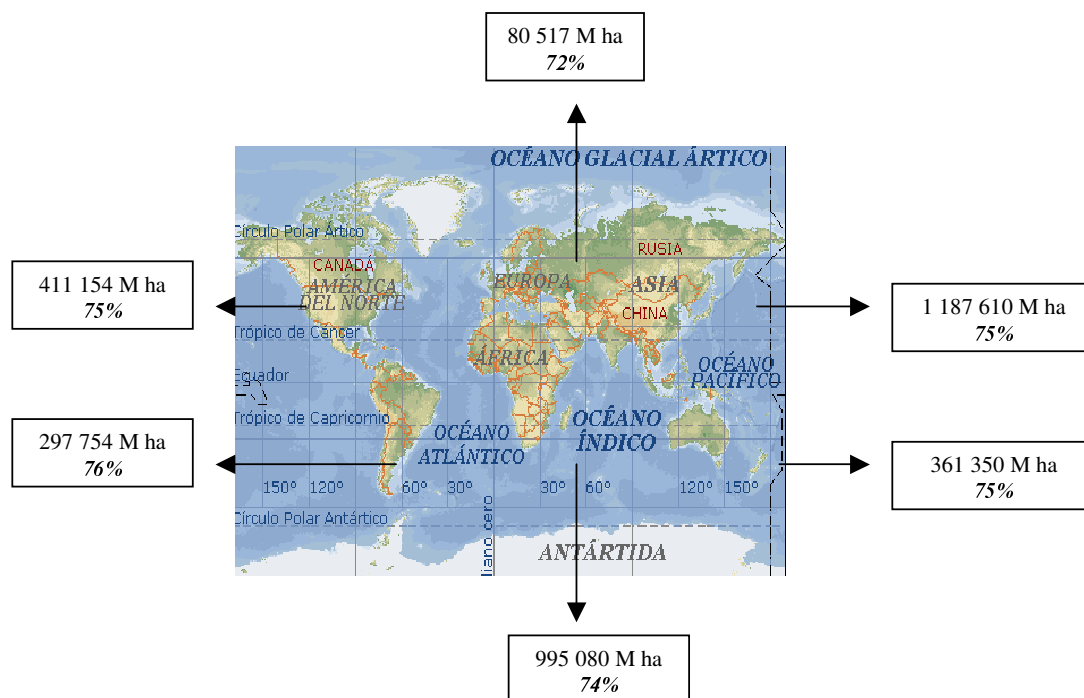
Cuadro 2.- Estado Global de la Degradación de Tierras en el Mundo

Continente	Total (Miles de ha)	% Desertificación
Africa	995 080	74
Asia	1 187 610	75
Australia	361 350	55
Europa	80 517	72
América Norte	411 154	75
América Sur	297 754	76

Fuente: Global Diversity Assesment 1995

GRAFICO 1.-

Estado global de la degradación de tierras en el mundo por *desertificación*



Cuadro 3.- Degradación del Suelo por tipo y causa en MM ha

Regiones	Erosión hídrica	Erosión eólica	Degradación química	Degradación física	Total
Africa	170	98	36	17	321
Asia	315	90	41	6	452
América Sur, América Norte y Central	90	37	7	5	139
Europa	93	39	18	8	158
Australia	3	-	1	2	6
Total	748	280	147	39	1 214
Causas principales (%)					
Deforestación	43	8	26	2	384
Pastoreo excesivo	29	60	6	16	398
Mala administración de las tierras de labranza	24	16	58	80	339
Otras Causas	4	16	10	2	93
Total	100	100	100	100	1 214

(Se incluye sólo los suelos con degradación de moderada a excesiva.) Fuente: Nikos Alexandratos FAO 1995

Tales actividades provocan pérdidas globales por erosión que oscilan entre 5 y 7 millones de ha de tierras de cultivo por año y 50 ton de tierra/ha/año son removidas hacia los cursos de agua u otras zonas, lo cual constituye un ritmo 5

veces mayor al ritmo de formación natural del suelo. La tasa de salinización, a escala mundial, oscila entre 0,2 y 1,5 MM /ha/año que representa entre 10 y 15 % de las tierras de regadío actualmente disponibles.

El crecimiento de los procesos conducentes hacia la desertificación unido al hecho del aumento de las tierras de cultivo, de 133 millones de hectáreas a 148 millones en un período de diez años, para la producción de iguales volúmenes de alimento; el decrecimiento de la población económicamente activa en la agricultura, calculada en 0,4 % en el decenio 2000 – 2010 respecto a 1980 – 1990, obliga a revalorizar las acciones acometidas sobre el recurso finito que es el suelo y brindar la merecida importancia del restablecimiento de la agricultura como un sector crucial para la supervivencia y el desarrollo económico mundial.

Todas las regiones del mundo reportan procesos de desertificación, en unas más intensos y extendidos que en otras. No obstante, una situación bien particular sucede en la región africana donde los factores degradativos son especialmente intensos y devastadores. Nótese, que la actividad humana ha sido y continúa siendo el mayor responsable de la situación actual a costa de su propia existencia, ya que desertificación en términos prácticos, significa:

- disminución de las capacidades para producir alimentos
- disminución de la calidad de vida
- deterioro del ambiente
- deterioro de la economía
- migración

En consecuencia, un círculo entre pobreza y desertificación que es difícil de romper, sobre todo para los países subdesarrollados que es donde mayor presencia de desertificación existe y en los cuales, también existe el mayor índice de pobreza .

Su expresión en América Latina y el Caribe

América Latina y el Caribe se extiende por 20 millones de kilómetros cuadrados y ocupa el 15% de las tierras firmes del planeta, albergando 502 millones de personas (7,7% de la población mundial), de los cuales 211 millones viven en la pobreza.

El impacto de la desertificación es directamente sufrido por la población de menos recursos, quienes ocupan áreas marginales y vulnerables, con menos accesos a las tecnologías y medios de subsistencia y por lo tanto, se establece el temido círculo entre pobreza y desertificación.

Más de 320 millones de hectáreas de tierra se encuentran afectadas por alguno de los procesos conducentes hacia la desertificación. Estos procesos, tienen su origen en las condiciones climáticas que la acción humana intensifica y desencadena. Estos son: deforestación, cambio de uso de la tierra, prácticas agrícolas

inadecuadas, pastoreo excesivo, entre otras. En consecuencia, el deterioro de las tierras de cultivo, que se evidencia a través de la erosión de los suelos, salinización, pérdida de la fertilidad, compactación, reducción de la actividad biológica, etc. trae aparejada la reducción de las posibilidades de los suelos para producir alimentos.

La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía

El texto de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), en particular en África, fue concluido el 17 de junio de 1994, declarado en adelante por la Asamblea General de las Naciones Unidas como Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, y fue abierto a la firma de los países a partir del 14 de octubre de ese año. 117 países firmantes y observadores continuaron el proceso de negociación a través del Comité Intergubernamental de Negociación de la Convención (CIND). El 26 de diciembre de 1996, entró en vigor la Convención con la ratificación número 50 depositada ante el Secretario General de las Naciones Unidas.

Este proceso preparatorio concluyó con la aprobación del texto y de los mecanismos funcionales de la Convención, en la Primera Conferencia de las Partes del Convenio celebrada en octubre de 1997, a la que asistieron 113 Países Partes.

El Convenio tiene una secretaría administrativa cuya sede está en la ciudad de Bonn. Su máximo órgano lo constituye la Conferencia de las Partes (COP) que se reúne con frecuencia anual los tres primeros años y bianual en lo adelante. En la Primera COP celebrada en Roma en 1997, quedaron constituidos el mecanismo mundial de financiamiento, para el cual el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) actúa como organización huésped, y el Comité de Ciencia y Tecnología como órgano subsidiario de la Convención. Otro órgano subsidiario, lo constituye el Comité para la Revisión de Implementación de la Convención (CRIC), aprobado durante la V Conferencia de las Partes y que tendrá su primera sesión de trabajo en noviembre del 2002. Hasta la fecha, se han celebrado cinco Conferencias de las Partes (Roma, 1997; Dakar, 1998; Recife, 1999; Bonn, 2000 y Ginebra, 2001)

El texto de la Convención consta de 40 artículos y cuatro anexos regionales (sobre la aplicación del Tratado en África, América Latina y el Caribe, Asia y el Mediterráneo Norte). Un anexo para Europa Central y Oriental, aprobado en la IV COP, completan los cinco que existen en la actualidad.

En el Anexo correspondiente al Área geográfica de América Latina y el Caribe, se indica la necesidad de establecer los mecanismos pertinentes para la coordinación de las acciones en la Región. En respuesta, el Grupo de Latinoamérica y el Caribe (GRULAC) reunido en septiembre de 1995 en ocasión del VII Período de sesiones del CIND en Nairobi, propuso la celebración de la Primera Reunión Regional en Buenos Aires en enero de 1996, durante la cual se identificaron los problemas comunes de la Región, las acciones inmediatas para su solución y se esbozaron las

posiciones de la Región en el siguiente Período de Sesiones del CIND. La continuidad de éste proceso en América Latina y el Caribe, ha sido posible gracias a la acción de los países Partes, que hoy suman 33, al apoyo de la Secretaría de la Convención y a la decisiva gestión del PNUMA de la Región, la cual acogió durante varios años a la Unidad de Coordinación Regional para la lucha contra la Desertificación y la Sequía en América Latina y el Caribe.

Hoy, la Región cuenta con:

- Plan de Acción Regional (PAR).
- Mecanismo regional de coordinación de los puntos focales nacionales, compuesto por el Comité Regional de coordinación y la oficina regional (Unidad de Coordinación Regional).
- Red regional de información (DESELAC), dentro del marco institucional
- Definición de los contenidos básicos de la cooperación horizontal.
- Mecanismo para la concertación de posiciones comunes en relación con las Conferencias de las Partes y otros temas sustantivos (Reuniones Regionales).

Hasta la fecha, se han celebrado ocho reuniones regionales (Buenos Aires, 1996; Ciudad México, 1997; La Habana, 1997; San John, Antigua y Barbudas, 1998; Lima, 1999; San Salvador, 2000; La Serena, Chile, 2001; Bridgetown, Barbados, 2002) las cuales han contribuido a fortalecer la posición de la Región y consolidar el trabajo de implementación de la Convención.

Las metas de hoy en términos de lucha contra la desertificación

La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, teniendo en cuenta la necesidad de adoptar medidas concretas en los países afectados, ha dispuesto mecanismos que permitan enfrentar este reto. Uno de ellos lo constituyen los compromisos de los Países Partes.

Los Países Partes Desarrollados se comprometen, entre otros, a:

- Apoyar de manera activa, los esfuerzos de los Países Partes en desarrollo afectados.
- Proporcionar recursos financieros sustanciales y otras formas de apoyo para ayudar a los Países Partes en desarrollo afectados a elaborar y aplicar eficazmente sus propios planes y estrategias a largo plazo.

Entre los compromisos adquiridos por los Países Partes afectados se encuentran los siguientes:

- Otorgar la debida prioridad a la lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía.
- Establecer estrategias y prioridades, en el marco de sus planes y políticas nacionales de desarrollo sostenible.

- Ocuparse de las causas subyacentes de la desertificación y prestar especial atención a los factores socioeconómicos que contribuyen a los procesos de desertificación.
- Promover la sensibilización y facilitar la participación de las poblaciones locales.
- Crear un entorno propicio mediante el fortalecimiento de la legislación pertinente en esta materia. Establecimiento de políticas y programas de acción a largo plazo. (PNLCD)

Hasta la fecha, se han realizado grandes esfuerzos para desarrollar los Programas Nacionales, Subregionales y Regionales en América Latina y el Caribe. De los 33 países de la Región, 6 han elaborado sus respectivos PAN; 6 se encuentran en fase de aprobación por los respectivos gobiernos; 11 en preparación y 10 países no han iniciado el proceso. La falta de fondos, es la principal limitante a lo cual acompaña en muchos casos, la falta de prioridad de los gobiernos ante el tema, fruto tal vez de los insuficientes conocimientos acerca de esta problemática.

En la actualidad, se han elaborado seis Programas de Acción Subregionales: el Programa del Gran Chaco Americano; la Puna Americana; Mesoamérica, La Hispaniola, Biodiversidad y degradación de tierras de las Islas del Caribe Oriental y el Programa bilateral Chile – Argentina sobre perspectiva de género. Los cuatro primeros, aunque han alcanzado un desarrollo desigual poseen planes concretos de acción y de integración de los países participantes, mientras que los dos últimos, no se han ejecutado por falta de recursos financieros.

Dentro del Programa de Acción Regional, varios proyectos han alcanzado ciertos niveles de ejecución, sin que esto signifique sobrepasar los niveles de deseo y necesidades de los países de la Región. Entre los componentes principales se encuentran los relacionados con la identificación de parámetros e indicadores de la desertificación; el establecimiento y puesta en marcha de la Red de Información para la lucha contra la Desertificación y la Sequía (DESELAC); Armonización de políticas públicas relacionadas con el tema de la desertificación y la sequía; Ordenación integrada de Cuencas Hidrográficas en América Latina y el Caribe y Revalorización de tecnologías tradicionales y conocimientos locales. Los tres primeros proyectos han experimentado importantes avances y resultados, hasta la fecha, alentadores. La Plataforma de Cooperación África América Latina, también ha significado un importante instrumento para potenciar las capacidades institucionales y de recursos humanos y asimismo, constituye una muestra de las posibilidades de la Cooperación Sur – Sur.

Implementación de la Convención en Cuba

Hasta hace poco tiempo, en Cuba no era usual hablar de desertificación como un fenómeno que pudiera ocurrir en el País. No se había comprendido que en las condiciones de humedad alternante, alta radiación solar, intensa evapotranspiración acompañadas de acciones inadecuadas del hombre aplicadas durante cientos de años, pudieran conducir a desequilibrios que constituyen pasos hacia la desertificación, que ya son evidentes en determinadas zonas de Cuba.

Se ha apreciado que la desertificación puede ocurrir bajo un amplio espectro de condiciones climáticas, si a estas se unen las actividades negativas del hombre sobre la naturaleza. En dependencia de estos factores, las características del avance del deterioro se muestra en diferente intensidad y velocidad de ocurrencia. En Cuba, en las condiciones del calor húmedo y moderado, el proceso es mucho más lento pero asimismo perjudicial y solapado.

Siguiendo los lineamientos generales establecidos en la letra de la Convención, lo indicado en el Anexo III para América Latina y el Caribe, las indicaciones emanadas del proceso de concertación Regional y sobre la base de las condiciones objetivas del País, el Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía tiene entre sus metas:

Integrar los principios y lineamientos básicos establecidos en documentos básicos tales como la Agenda 21, la Ley de Medio Ambiente, la Estrategia Nacional Ambiental, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo junto a los principios sobre los cuales se sustenta el texto de la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

El conjunto de acciones emanadas de la aplicación de tales documentos, están basadas en el enfoque integrador de los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos que confluyen en los procesos de desertificación y sequía. Son consecuentes asimismo, con la legislación ambiental que sobre la protección de los recursos naturales y otros temas afines están vigentes en el País, con los programas de acción regionales y subregionales aprobados y vigentes tales como el Plan de acción Regional sobre desertificación y sequía, y con los principios y acciones que den respuesta a lo establecido en la Convención sobre Diversidad Biológica, Cambio Climático y otros convenios ambientales con los cuales se vincula esta Convención y fundamentalmente con las acciones y estrategias definidas por el país para la aplicación nacional de dichas convenciones.

El Programa de Acción Nacional (PAN), fue elaborado y aprobado en el País en el año 2000 y se encuentra en fase de implementación.

Conclusiones

La desertificación es uno de los problemas ambientales, económicos y sociales de mayor envergadura de los tiempos actuales. Su relación directa con la pobreza y con la supervivencia de una gran parte de la población mundial, hacen de este fenómeno un flagelo que debe ser atendido con urgencia por la comunidad internacional.

Todas las regiones del mundo están afectadas por la desertificación, por lo cual se visualiza como un fenómeno de alcance global aunque sin dudas, la región africana es la más profunda e intensamente dañada. América Latina y el Caribe, no escapa a esta generalidad.

Más importante que las condiciones climáticas, como factor de degradación, es la forma en que los recursos naturales son empleados, en particular las tierras, aguas y bosques; la ruptura de los equilibrios entre el hombre y la naturaleza, encontrando en la pobreza una buena parte de la génesis de estos males. Si se pretende luchar contra la desertificación, habría que luchar ineludiblemente contra la pobreza, de manera que ésta constituye una forma de combate para detener la desertificación.

Referencias Bibliográficas

1. **CITMA.** 2000. Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba. La Habana, 98 pp.
2. **COWI/CATIE.** 2000. La Desertificación en Centroamérica. VI Reunión Regional de ALC de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Tomo I. 24 pp.
3. **UNCCD.** 1996. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, en los países afectados por sequía grave o desertificación, particularmente en Africa. Texto y Anexos. Bonn. 71 pp.
4. **UNCCD.** 2002. Examen de los informes sobre la aplicación de la Convención presentado por los Países Partes afectados de América Latina y el Caribe. VIII Reunión Regional, Bridgtown, Barbados. 39 pp.

Desertificación: Bases Conceptuales y Metodológicas para la Planificación y Gestión. Aportes a la toma de decisión

Elena María Abraham¹

¹ IADIZA (Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas). C. C. 507 (5500) Mendoza, Argentina. E. Mail: abraham@lab.cricyt.edu.ar

Resumen

Se presenta una contribución al enfoque metodológico para el estudio integrado de los procesos de desertificación, y su incorporación a un proceso de planificación y gestión, aportando al conocimiento de sus causas y evolución. Esta contribución se estructura sobre la base de las experiencias desarrolladas en el IADIZA (Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas) en la aplicación en proyectos de capacitación y lucha contra la desertificación. Los trabajos originales datan de mediados de la década del noventa, y se han revisado con el objeto de adaptar los conceptos vigentes hace casi dos décadas a la situación actual, especialmente en relación con la inserción de las propuestas metodológicas de estudio de la desertificación en los nuevos contextos ambientales y del desarrollo sustentable, que se instalan con gran fuerza en América Latina y el Caribe (ALC) a partir de los años ochenta y noventa. El artículo aborda siete grandes temas: 1.- Desertificación: Ambiente y Desarrollo Sustentable 2.- El enfoque sistémico en el abordaje de los procesos de desertificación 3.- Premisas para abordar el enfoque sistémico y obtener un diagnóstico base para la planificación y gestión. 4.- El estudio integrado de los procesos de desertificación: aporte para el conocimiento de sus causas y evolución y su incorporación a un proceso de planificación y gestión 5.- Bosquejo metodológico, 6.- Indicadores de desertificación y finalmente 7.- Estudios de caso a nivel estatal (sub-regional) y local.

Palabras clave: desertificación, bases metodológicas, planificación, gestión.

Abstract

A contribution to the metodological focus is presented for the integrated study of desertification processes, and its incorporation to a planification and management process, contributing to the knowledge of its causes and evolution. This contribution is made on the basis of the experiences developped in the IADIZA (Argentinian Institute of Arid Lands Research) in the application of training projects and combatting desertification. Original works are from midern years of the nineties, and were reviewed to adapt actual concepts from two decades before, especially in relation with the metodological study proposals of desertification in new environmental concepts and sustainable development, that are strongly installed in Latin America and the Caribbean since eighties and nineties. The paper touches seven main subjects: 1.- Desertification: Environment and Sustainable Development 2.- Systemic approach in desertification processes 3.- Premises to go into the systemic approach and get a basic diagnosis for management and planification 4.- Integrated study of desertification processes: for the knowledge of its causes and evolution and its incorporation to a planification and management process 5.- Metodological outline 6.- Desertification indicators and 7.- State (sub-regional) and local level study cases.

Key words: desertification, metodological basis, planification, management.

Introducción

El artículo que aquí se presenta es una contribución al enfoque metodológico para el estudio integrado de los procesos de desertificación, y su incorporación a un proceso de planificación y gestión, aportando al conocimiento de sus causas y evolución. Esta contribución se estructura sobre la base de las experiencias desarrolladas en el IADIZA (Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas) en la aplicación en proyectos de capacitación y lucha contra la desertificación.

Responde a la gentil invitación de los editores de “*Zonas Áridas*” para participar en el esfuerzo de la publicación de este número. Esfuerzo trascendente, no sólo porque significa dar continuidad a una prestigiosa revista, sino porque además abre la posibilidad de comunicar las experiencias y aportes que desde América Latina se están realizando en la lucha contra la desertificación. Por la particular situación de nuestros países, con dificultades de toda índole, pero especialmente económicas, muchos de estos esfuerzos no han logrado ser transferidos en nuestro medio, entre los propios actores y destinatarios de los trabajos. Publicar en América Latina no es una tarea fácil, y un espacio como el que abre “*Zonas Áridas*” se convierte en una invaluable oportunidad que alienta a participar y continuar trabajando.

Los trabajos originales datan de mediados de la década del '90, y se han revisado con el objeto de adaptar los conceptos vigentes hace casi dos décadas a la situación actual, especialmente en relación con la inserción de las propuestas metodológicas de estudio de la desertificación en los nuevos contextos ambientales y del desarrollo sustentable, que se instalan con gran fuerza en América Latina y el Caribe (ALC) a partir de los '80 / '90.

Muchas cosas han sucedido desde que las primeras propuestas metodológicas se publicarán, y amerita una reflexión, no sólo en el campo de los conceptos, sino particularmente en el de la práctica. De una situación donde muy pocas instituciones y aún menos especialistas se involucraban en el estudio y el control de la desertificación en la Región, se ha logrado en los últimos años, no sólo la participación organizada en la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UN CCD), sino la sensibilización de los tomadores de decisión y del sector científico en la urgencia e importancia del tema. En estos momentos 33 países de ALC son miembros y participan de la Convención, a través del GRULAC¹, apoyados por el Programa Regional y la Oficina Regional de la UN CCD. Muchas agencias de cooperación técnica y financiera internacional han respondido a las demandas, fortaleciendo los cuerpos técnicos y las organizaciones tanto gubernamentales como no gubernamentales. Basta nombrar los aportes del Mecanismo Mundial -órgano de financiamiento de la UNCCD- a través de su Programa Regional para ALC, la GTZ Agencia alemana

¹ Grupo de Países de América Latina y El Caribe, signatarios de la UNCCD.

de cooperación técnica, el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación), la CEPAL, (Comisión Económica para América Latina), el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y el Banco Mundial, que han apoyado durante este tiempo iniciativas de toda índole en América Latina y El Caribe.

Esta asociación entre organismos internacionales, gobiernos, OGs (organismos gubernamentales, especialmente de ciencia y técnica) y las ONGs (organismos no gubernamentales) de la Región ha contribuido a otorgar “visibilidad” al problema de la desertificación en ALC ante el resto del mundo y a mostrar que con pocos recursos y mucha perseverancia pueden lograrse buenos resultados. Prácticamente todas las Universidades y Centros de Investigación de las tierras secas de ALC tienen prestigiosos especialistas y hasta existen postgrados en la temática. La RIOD² en ALC se ha convertido en un ejemplo de relación entre el sector científico tecnológico y la sociedad civil. Sin embargo, aún faltan espacios para difundir los avances y las propuestas. La reaparición de “*Zonas Áridas*” viene a contribuir a llenar ese vacío, desde nuestras propias experiencias, con nuestros propios actores y lo que no es poco, en nuestro propio idioma...

Sumarse a este esfuerzo no solamente es un honor sino una oportunidad y una gran responsabilidad. Si los trabajos no se difunden, el resultado es parcial y se pierde gran parte de la inversión realizada. Conocernos, valorarnos y apoyarnos solidariamente en el mutuo crecimiento es el único camino que nos permitirá cohesionarnos como Región.

El agradecimiento pues a los editores, que abren un espacio de comunicación de alto nivel contribuyendo a que conceptos como la cooperación horizontal y el rescate de nuestras propias experiencias dejen de ser retórica y se inscriban decididamente en el mundo de los hechos y de los logros.

1. Desertificación, Ambiente y Desarrollo Sustentable

Desde mediados de la década del '70, a partir de la realización de la Conferencia de Nairobi, en 1977, como respuesta a los desastrosos efectos de la situación en el Sahel, la desertificación se constituye en un objeto de estudio complejo, constituido por múltiples variables, caracterizado por la urgente necesidad de obtener soluciones prácticas para su abordaje, que permitan a los países y a poblaciones afectadas utilizar todos los elementos a su alcance para mitigar, prevenir y controlar sus efectos.

Es importante una visión retrospectiva y crítica para entender cómo un proceso que en un principio se instala como característico y singular de las zonas áridas y

² Red Internacional de Organismos no Gubernamentales de Lucha contra la Desertificación.

semiáridas del continente africano, especialmente las del cinturón del Sahel, evoluciona hasta sensibilizar a los decisores de todo el mundo en la toma de conciencia de que es un fenómeno global, que afecta con distinta intensidad a las sociedades y ecosistemas de todas las tierras secas del planeta, imbricado en una relación causa-efecto con los fenómenos del cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la lucha contra la pobreza y la desigualdad.

Estos primeros esfuerzos a nivel internacional están marcados por la urgente necesidad de ayuda al África, y sobre todo por las concepciones vigentes en ese momento, tanto a nivel conceptual en la concepción “ambiental” y de la planificación del desarrollo, como en las prácticas de la cooperación internacional.

1.1 Una mirada retrospectiva: la evolución de la dimensión ambiental en la planificación del desarrollo³

La toma de conciencia sobre la noción ambiental surge con fuerza a mediados del siglo XX en los países protestantes del hemisferio norte: el mundo anglosajón. Al ser estos países los primeros en reflexionar sobre los problemas ambientales, ha sido esta filosofía política del ambiente, la que se ha impuesto rápidamente en el planeta. Así como no dudamos en asignar a los romanos la difusión del derecho, sucede lo mismo en relación con la acuñación por el mundo anglosajón de términos como medio ambiente, sustentabilidad, ecodesarrollo, desertificación, etc. En 1947 se crea la “Unión Internacional Provisional para la Conservación de la Naturaleza”, con sede en Bruselas, la actual UICN, que permanece hasta nuestros días.

Al gran desarrollo económico que sucedió en Europa a la Segunda Guerra Mundial, fundado en la gran confianza que se depositó en el poder de los adelantos científicos y tecnológicos y a la idea de progreso, concebida como una expansión constante de la producción, se superpone la de la generalización del consumo instalada como ideal de felicidad.

Las consecuencias ambientales de las teorías económicas –basadas en el auge del desarrollismo– vigentes a lo largo del siglo XX, se centran en una adecuada relación costo / beneficio. Al mismo tiempo, es después de la guerra cuando se perciben los problemas de contaminación ambiental, relacionadas sobre todo con la preocupación que planteaba la contaminación del agua (ríos, lagos, Mar Báltico) y el aire (smog en Londres). Las soluciones buscan respuestas inmediatas, limitándose en un primer momento a restricciones “prohibido bañarse en el lago”.

³ Se ha elaborado este apartado considerando distintas fuentes, sobre todo los aportes de CEPAL / PNUMA, 1979; CEPAL / ILPES / PNUMA, 1986; Baumol y Oates, 1982; Carricosa, 1982; ESPASA-CALPE, 1987; Gallopín, 1987 y 1994; García, 1986; Hurtubia, 1980, Leff, 1986, IUCN, PNUMA, WWF, FAO & UNESCO, 1987; Lopez Levi, 1993; Medina Torres. y Beltrán, 1998; Morello, 1984 y 1987; Naciones Unidas, 1992; Tamames, 1985; Toledo, 1998; Tricart y Kilian, 1982.

En la década de los sesenta comienzan, sobre todo en los países del norte, políticas de desarrollo regional, surgiendo algunos conceptos como los de **polo de desarrollo** si se concentraban los esfuerzos en unos determinados puntos, o **ejes de desarrollo** si la planificación afectaba a los ejes básicos de las áreas atrasadas. Siguiendo estos conceptos, el planificador de los años cincuenta / sesenta sugería esquemas decisorios basados en el sencillo criterio de maximizar el beneficio, sin considerar las consecuencias ambientales y sociales del crecimiento económico.

En los 70 comienzan a verse estos logros con prevención, al constatarse que la capacidad sin precedentes que el progreso técnico había dado a la sociedad para alterar el curso de los acontecimientos naturales y para modificar su medio ambiente, se había traducido en progreso material pero originaba, al mismo tiempo, una serie de problemas graves en relación con el medio natural. Problemas cuyas consecuencias eran, en esos momentos, imprevisibles y no pocas veces capaces de auto-aceleración. Este despertar de la conciencia ambiental ocasionó la irrupción de la consideración de los factores del medio, desviándose la investigación hacia el desarrollo de modelos de localización basados no sólo en el óptimo técnico y económico, sino también en la minimización de los impactos o efectos producidos en el entorno natural.

Es la década donde entran en crisis gran parte de los fundamentos filosóficos, políticos y económicos del mundo occidental. Está marcada por la crisis política de los sistemas centrales y únicos, por el fracaso de los programas "duros" de planificación, tecnocráticos, productivistas; por la crisis de los sistemas energéticos tradicionales -iniciada por las crisis petroleras de los años '73-74- por las conmociones estudiantiles, sindicales y terroristas iniciadas a fines de los sesenta. Con mayor o menor intensidad, antes en unos países que en otros, llegan a cristalizar una espectacular explosión de teorías, esfuerzos, literaturas, demagogias y procedimientos en pro de la conservación de la naturaleza. La extensión de los problemas medioambientales hacia las zonas no urbanas ni industriales, con un fuerte componente natural, o de utilizaciones agro-silvo-pastoriles, justificó el advenimiento de la llamada **planificación física o ecológica**.

El denominado "despertar ambiental de los años setenta" tuvo también su lado negativo: impulsar la carrera de soluciones simplistas. Así como el planificador de '50/'60 sugería esquemas decisorios basados en el sencillo criterio de maximizar el beneficio, el de los años setenta se sentía muy cómodo con el criterio de minimizar el impacto sobre el medio ambiente físico, pero ignorando los efectos de los controles que proponía sobre los valores del suelo y sobre los costos de producción, cayendo en un error del mismo tipo del que trataba de combatir. En definitiva: la resistencia a captar la realidad como un todo.

Se agudiza en esta década la polémica sobre los límites del crecimiento, instalada en la década anterior por los expertos del MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets) y los informes del "Club de Roma" sobre la "finitud" de los

recursos naturales (lo que implicaba por primera vez límites a su utilización) y el crecimiento alarmante de la población, llegando a los planteos extremos del - “Crecimiento cero” en términos económicos (ZEG “Zero Economic Ground”) y en la polémica sobre el crecimiento de la población (ZPG “Zero Population Ground”)

Es recién a partir de la Declaración de Estocolmo, en 1972, con el lanzamiento del PNUMA, que se oficializa por parte de las Naciones Unidas la importancia del ambiente y su preservación como cuestión de interés internacional, y nace la necesidad de la búsqueda de la calidad de vida en algunas estrategias de desarrollo. Hasta ese momento, salvo en iniciativas aisladas –pero sumamente valiosas por su marco conceptual y metodológico- de Programas como el MAB⁴,

En este marco, la 1º Conferencia Internacional de Naciones Unidas sobre Desertificación, y el lanzamiento de su Plan de acción en Nairobi, en 1977, no podía escapar a las concepciones vigentes.

Asistimos así al lanzamiento de una primera propuesta de lucha contra la desertificación sustentada en visiones recursistas y sectoriales de evaluación de los recursos naturales, una planificación concebida de arriba hacia abajo, con escasa participación de los gobiernos y las poblaciones locales. La asistencia técnica y la cooperación se basan fundamentalmente en estudios teóricos realizados por consultores internacionales que se traducen en la práctica en la ejecución de grandes proyectos que desconocen o minimizan los impactos de aplicación a nivel local y regional y prácticas asistencialistas ante los problemas urgentes de pobreza y degradación que no tienen en cuenta la participación de las comunidades locales afectadas. Esto se manifiesta principalmente en la escasa atención que se presta al rescate de los conocimientos locales y las prácticas de desarrollo local, ausencia de sensibilización de género, construcción de alianzas, utilización de tecnologías apropiadas, fortalecimiento de la sociedad civil y de sus representantes a través de asociaciones de base y de organismos no gubernamentales. En definitiva, una visión tradicional y dura del proceso de desarrollo, aplicada a países cuya base natural y social se encontraba profundamente afectada por los procesos de desertificación.

Esto lleva en el plano conceptual y metodológico, a que en una primera instancia, el abordaje de estos procesos se sustente en una fuerte concepción de trabajo sectorial, analítico, con enfoques parciales y especialmente dirigidos al soporte físico-biológico, y entre estos al suelo, dejando de lado una visión sistémica e integrada del fenómeno y por lo tanto parcializando sus resultados, e ignorando las verdaderas causas y consecuencias. Este enfoque demuestra con el tiempo todas sus limitaciones, al no lograr avanzar en el control de la desertificación. Se instala el concepto de “lucha contra la desertificación”, como si se tratara de un verdadero campo de batalla donde hay que eliminar a los adversarios uno a uno, sin entender

⁴ Programa de la UNESCO sobre el Hombre y La Biosfera, lanzado en París en 1968.

aun las connotaciones de la interdependencia, el respeto por las identidades locales y las verdaderos potenciales y restricciones de los territorios y ambientes (relación espacio / sociedad) de las tierras secas, donde la palabra “adaptación” cobra un significado trascendente.

Esta visión sectorial y recursista, con énfasis en el medio físico minimiza la compleja relación hombre / medio, en la creencia de que en una ecuación simple, al mejorar la cantidad y calidad de los recursos suelo y agua la rehabilitación de los sistemas productivos y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones afectadas, está asegurada.

Sin embargo, es también durante la década del '70 cuando comienzan a introducirse conceptos como la visión sistémica, los estudios interdisciplinarios, la interrelación, la planificación integrada y fundamentalmente la necesidad de la cooperación internacional como esfuerzo a nivel global para afrontar los cambios ambientales a escala planetaria que comienzan a visualizarse.

Es recién durante los '80, con la irrupción de la concepción ambiental del desarrollo, en "Nuestro Futuro Común" (Brundtland et Al., 1987), donde estos conceptos se introducen firmemente en la gestión ambiental y especialmente en la lucha contra la desertificación, enfatizando la relación directa entre las decisiones políticas y las consecuencias ambientales, y la importancia de la planificación no sólo para revertir y controlar los procesos de desertificación sino fundamentalmente en la prevención. Se jerarquizan así las relaciones de interdependencia. el enfoque sistémico y la interdisciplina.

En estos años se asiste a un cambio notable de visión del mundo, que contiene una nueva concepción del desarrollo. Una vez advertidos los límites y las secuelas negativas del crecimiento económico y la expansión productiva sin una concepción social, sobre todo en los casos en que esa expansión se practicó a costa de la devastación de recursos naturales no renovables o de lenta y difícil renovabilidad, y una vez sufridos los diversos impactos sociales y culturales de la aplicación de pautas de manejo ajenas a la identidad local, comenzó la refundación de una concepción ambiental del desarrollo. Este proceso se inicia en 1980, con el Documento “Estrategia Mundial de la Conservación”, preparado por el UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza), el PNUMA, el WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza), con la participación de la FAO y de la UNESCO, y alcanza su punto culminante en 1987, con el llamado “Informe Bruntland”, fundamentos del Protocolo de Montreal y la Agenda 21.

Esta concepción del desarrollo sustentable y la consolidación de los principios de solidaridad y de equidad serán la base para que, durante la década del '90, las Naciones Unidas convoquen a la Primera Cumbre de la Tierra , la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en mayo del '92.

El mensaje más importante de la Cumbre de la Tierra, es la noción de interdependencia. La aplicación de la Agenda 21 marca una ruptura con todas las utopías. Se rompe con las teorías mesiánicas. Se propone una visión holística y más pacifista del desarrollo, se propone, sobre todo para el Tercer Mundo, la equidad y el equilibrio territorial y social, bajo condiciones de estabilidad política, y un nuevo orden político-económico mundial. Un ejemplo de ello es el Tratado de Maastricht de 1992, a través del cual, la Unión Europea debe contribuir a la solidaridad internacional y movilizar el conocimiento a otros países.

Organismos internacionales como la CEPAL, la FAO, el PNUMA o el PNUD transfieren a escala planetaria y sobre todo a América latina, los nuevos conceptos como ecodesarrollo, desarrollo sustentable, sostenible o duradero, haciendo hincapié en la asociación (partnership) para resolver los problemas, la cooperación horizontal entre países y regiones, la planificación integrada, el desarrollo endógeno, la planificación de abajo hacia arriba, el rol de las comunidades locales y las ONG, la recuperación de las tecnologías tradicionales, el papel de la mujer y de las comunidades indígenas, la lucha contra la exclusión, etc.

Concluye con la firma de un contrato internacional para llevar a cabo dos tratados: “Convención sobre cambios climáticos” y “Convención sobre biodiversidad”. Asimismo, esta Conferencia recomendó a la Asamblea General de las Naciones Unidas que estableciera un Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) encargado de elaborar una “Convención de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África”. A principios de 1993 comienza a funcionar el CIN, celebrando cinco sesiones preparatorias antes de aprobar la Convención, el 17 de junio de 1994, en París. En diciembre de 1996, tres meses después de haber sido ratificada por 50 países, la Convención entró en vigor. En la actualidad, más de 150 países han ratificado la UN CCD, convirtiéndose en Partes.

Reconociendo la falta de efectividad de los esfuerzos anteriores, la UN CCD incorpora desde el inicio todos los nuevos enfoques del desarrollo ambientalmente sustentable en la lucha contra la desertificación (CCD/PNUMA, 1995). Elementos clave en la aplicación de la Convención son los Programas de Acción a nivel Nacional (PAN), Sub-regional (PAS) y Regional (PAR). Los criterios para la formulación de estos programas están detallados en los “Cinco Anexos de Aplicación Regional” del tratado, correspondientes a África (considerada como prioritaria), Asia, América Latina y El Caribe, el Mediterráneo Norte y los países de Europa oriental, recientemente incorporado.

2. El enfoque sistémico en el abordaje de los procesos de desertificación

2.1. Ambiente y desertificación

Según la acepción aceptada por la CNUMAD, *"La desertificación es la degradación de la tierra en regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas, y se debe ante todo a las actividades del hombre y a las variaciones climáticas"*. En esta definición, cada uno de los conceptos tiene un alcance específico para aprehender la complejidad de los procesos de desertificación, explicitados en el texto actualizado de la Convención (1999)⁵.

La fragilidad inherente a los ecosistemas de tierras secas que cubren más de la tercera parte de las tierras emergidas del planeta las hace sumamente vulnerables a la sobreexplotación y al aprovechamiento inadecuado de la tierra. La lucha contra la desertificación busca garantizar la productividad a largo plazo de las tierras secas y promover mejoras en la calidad de vida de sus habitantes. Para ello es necesario un enfoque integral, que colabore al conocimiento de sus verdaderas causas y consecuencias y que sea capaz de introducir cambios a distintos niveles, tanto locales como regionales e internacionales. Los programas de acción buscan articular el conocimiento con la gestión de los recursos, y la toma de decisión, promoviendo principios como la planificación participativa, descentralización, el mejoramiento de los sistemas de tenencia de la tierra, la participación y fortalecimiento de las mujeres y de las comunidades locales y la construcción de alianzas y acuerdos de asociación en el proceso, sobre todo con las ONGs y las OGs.

Según los propios conceptos de la UNCCD "La desertificación sólo se podrá revertir introduciendo cambios profundos en las pautas de comportamiento locales e internacionales. Estos cambios graduales conducirán finalmente al uso sostenible de las tierras y garantizarán la seguridad alimenticia para la creciente población mundial. Por tanto, en realidad la lucha contra la desertificación es sólo parte de un objetivo más amplio: el desarrollo sostenible de los países afectados por la sequía y la desertificación".

Esta definición articula cuatro dimensiones: las múltiples relaciones entre el soporte físico-biológico de las tierras secas (oferta) y la demanda que de éste hacen los grupos sociales. Estas relaciones se inscriben en el espacio y en el tiempo, introduciéndonos de este modo en los conceptos de niveles de aplicación y escalas espaciales y temporales.

2.2. El ambiente como valor para el desarrollo sustentable

Se ha considerado importante explicitar el marco conceptual de las relaciones ambientales, dado que responde a un enfoque no tradicional.

⁵ UN CCD, 1999. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Francia, UN CCD, Texto actualizado, 1999.

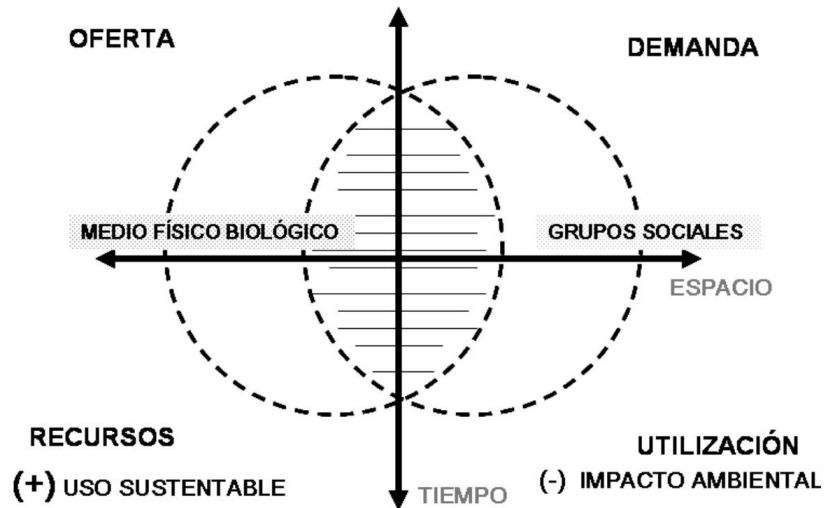
Los principales lineamientos del marco teórico y metodológico se han adoptado de las pautas desarrolladas por el Informe Bruntland, base programática de la CNUMAD, distintas contribuciones del Programa MAB para el Hombre y la Biosfera, entre las que se destacan las elaboradas por Rubén Pesci y el equipo de la FLACAM (Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales); de la FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales); del Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires, especialmente las contribuciones de Jorge Morello. En el entorno más inmediato del grupo de trabajo, han sido fundamentales los aportes del Ing. Fidel A. Roig, contextualizadas a lo largo de muchos años de trabajo en común, que permitieron ir ajustando y adaptando este bagaje teórico al desafío de su aplicación a través de numerosas propuestas de conservación, planificación y gestión de distintos ambientes de la Provincia de Mendoza.

La idea que subyace en esta aproximación es la concepción del **ambiente como valor para el desarrollo sustentable** de una región. En este sentido se considera como ambiente: al producto de la interacción permanente entre sociedad y naturaleza. Esta interacción se manifiesta en dos dimensiones: la espacial, que puede ajustarse a su observación desde distintas escalas (macro, regional, local, etc.) y la temporal, enmarcada en el proceso histórico de construcción del habitat.

De este modo se puede identificar un marco o soporte físico biológico (con múltiples atributos, fenómenos y procesos de índole climático, geológico, geomorfológico, biológico, edáfico, hídrico, etc.) que es utilizado por los grupos sociales, que a su vez también manifiestan múltiples atributos (valores, identidad, composición, organización, modos de producción, percepción, etc.). Es casi obvio señalar que los modos de relacionarse de los grupos sociales con su entorno tiene que ver fundamentalmente con sus valores culturales y su devenir histórico. El enfoque sistémico de estas relaciones debe considerar además que ningún sistema ambiental es cerrado: recibe y emite influencias que van cambiando las dinámicas y las estructuras, en un permanente proceso de transformación (Fig. 1.)

Estos cortes y el resultado de su interacción nos permiten realizar un diagnóstico de la situación ambiental de un territorio dado. Con este enfoque, el diagnóstico se basa en las potencialidades y restricciones de la oferta ambiental y de la demanda que los grupos sociales han hecho de esa oferta a través del tiempo. Aparecen entonces los conceptos de recursos (renovables o no), territorio y utilización antrópica. Esta visión se completa con un análisis a la respuesta a estas interacciones desde las distintas estructuras que regulan, ordenan y gestionan las cuestiones ambientales. Aparece así el marco jurídico y administrativo, las organizaciones (gubernamentales y no gubernamentales), los procesos de ordenamiento y de planificación, y con ellos, las posibilidades de transformación.

Fig. 1: Relaciones ambientales

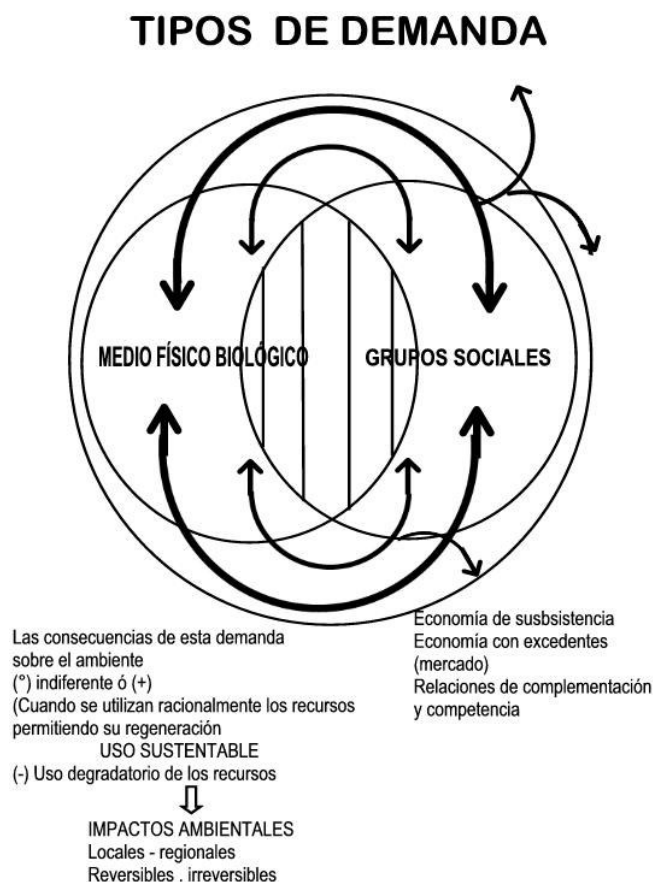


La demanda siempre produce una presión sobre el medio o soporte físico-biológico que, según las necesidades de la población, puede ser muy simple en el caso de las economías de subsistencia: demanda satisfecha con la oferta local, sin grandes posibilidades de transformación. Estas se vuelven más complejas en los casos de economías con excedentes, especialmente de mercado con alto desarrollo tecnológico. En este caso puede darse que los grupos sociales de un territorio dado demanden recursos que no ofrece su territorio y necesiten recurrir a otros territorios y grupos sociales. La demanda externa de recursos puede o no pasar por los grupos sociales locales, dejando o no un rédito para el desarrollo local. Pueden citarse numerosas actividades para cada uno de los casos: las más ilustrativas serían como ejemplo la actividad turística, donde de la demanda de grupos externos siempre queda un rédito local y la más extrema puede ser la extracción de riquezas patrimoniales, como las paleontológicas o las arqueológicas (Fig. 2).

Las consecuencias de esas demandas sobre el ambiente pueden ser

- Indiferentes o positivas, cuando se utilizan racionalmente los recursos, permitiendo su regulación y capacidad de regeneración. Tenemos así lo que se denomina un **USO SUSTENTABLE**.
- Negativas, cuando se utilizan de forma degradatoria los recursos, ya sean renovables o no renovables. Aparecen así los **IMPACTOS AMBIENTALES**, que pueden adquirir diferentes magnitudes, tanto en el espacio (locales, regionales, etc.), como en el tiempo (permanentes o irreversibles, no permanentes o reversibles con la aplicación de tecnología y capital). La **DESERTIFICACIÓN** se inscribe decididamente en este marco.

Fig. 2. Ambiente y demanda



De este modo se crean relaciones entre los espacios y sociedades que en su forma más directa pueden ser analizadas como de complementación o de competencia. Estas relaciones revisten una importancia particular cuando se plantean situaciones de ordenamiento ambiental y de integración regional, elementos clave para el planteo de acciones de lucha contra la desertificación.

3. Premisas para abordar el enfoque sistémico y obtener un diagnóstico base para la planificación y gestión

Se parte de la base de la necesidad de elaborar un diagnóstico del estado de desertificación del área que proporcione los elementos indispensables para reconstruir el sistema ambiental y los procesos de desertificación que lo afectan, con el objeto de desarrollar un proceso de planificación y gestión de los ambientes afectados que contemple las acciones más relevantes de lucha contra la desertificación (prevención, rehabilitación y control), buscando la mayor eficiencia en la aplicación de recursos humanos y financieros.

Las premisas que deben guiar la realización de este tipo de diagnóstico -que no es el tradicional- están fundadas en un análisis crítico del soporte físico-biológico (oferta ambiental) y de su utilización por los grupos sociales (demanda).

Se basa por lo tanto en una serie de preguntas simples y concretas:

**Qué tenemos? Cuánto tenemos? En qué estado lo tenemos?
Qué queremos? Qué usamos? Cómo lo usamos? Cómo lo percibimos. Cuánto nos queda? Cómo lo regulamos? Cómo lo gestionamos?**

Las tres primeras preguntas se refieren a la oferta ambiental: el inventario de los recursos. Las del segundo grupo buscan analizar las demandas de la sociedad en relación con los recursos. Obviamente, esta demanda ha ido cambiando de acuerdo a las necesidades y aspiraciones de los distintos grupos sociales a lo largo del tiempo, y ha dejado su impronta en el estado actual de los recursos. Las preguntas del último grupo identifican el marco normativo que regula los recursos y la gestión que de ellos hacemos.

La respuesta a estas preguntas son reflexiones y datos, que se debe tratar de elaborar y presentar de la manera más sencilla posible. Se puede utilizar como marco de referencia, para facilitar y ordenar la información, una matriz simple de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). De este modo se espera contribuir al desarrollo del proceso de planificación y gestión direccionando la información hacia los nudos o elementos clave de conflictos y potencialidades del sistema ambiental.

Algunas de estas preguntas no se podrán contestar en una primera instancia, porque faltan datos, porque estos son inadecuados o de difícil acceso, o bien porque nunca fueron explicitadas para introducirlas como valores dentro del aparato socioeconómico y político del área estudiada. Esto ya es parte del diagnóstico.

Se optará por la identificación de aquellos factores y procesos clave que guían la interpretación de la estructura y la dinámica ambiental. Se pondrá énfasis en las potencialidades y restricciones del marco natural (soporte físico-biológico), basados en el concepto de una oferta específica desde la que los distintos actores sociales han ido satisfaciendo su demanda a lo largo de los distintos períodos históricos.

De este modo se puede cumplir con la estrictez de los objetivos y pasos metodológicos específicos del diagnóstico, siguiendo un hilo argumental claro para obtener un producto que sirva de base a las próximas etapas del Programa, enfocado a los tomadores de decisión, y evitando perdernos en una maraña de datos y descripciones que distraen. La presentación de la base documental y referencial básica utilizada y disponible para profundizar consultas, aporta el marco científico imprescindible para dar solidez a este análisis.

Se pretende lograr una visualización de distintos escenarios en donde se relacionan sociedad-naturaleza poniendo en juego diferentes variables, para de este modo comprender qué tenemos y dónde y cómo estamos. Situados en este punto podremos aventurarnos a plantearnos la visión de qué queremos lograr, con qué estrategias de desarrollo y los riesgos y precios que tendremos que pagar si no elegimos las metas y los instrumentos adecuados.

Para completar la visión de la incorporación de la dimensión ambiental en la planificación del desarrollo, y sus consecuencias en las propuestas de lucha contra la desertificación, no podemos dejar de mencionar la expansión en los últimos decenios del modelo económico liberal y neoliberal, cuya aplicación en la política y las economías de los países de América Latina ha terminado de caracterizar la situación de crisis que afrontan gran parte de los países y cuyo ejemplo más explícito por sus severas consecuencias sociales y económicas es la Argentina.

El conjunto de las sociedades es cortado transversalmente por la aplicación de estos modelos, donde la globalización se instala como campo perceptivo y operacional. La irrupción e interpenetración de los mercados, la globalización económica y cultural, las inversiones económicas como “ordenadoras” del territorio, la apertura de las economías, los cambios en la gestión empresarial y procesos productivos en el marco de las privatizaciones, el desarrollo centrado en las macro-organizaciones, los modelos de concentración de la población y de la producción -cuya máxima expresión son las macrociudades- se transforman en los verdaderos organizadores del territorio y de los espacios económicos Lopez Levi (1993). Los efectos territoriales y ambientales de esta reestructuración económica se manifiestan en la debilidad de. Estado para aplicar políticas y acciones orientadas a prevenir y mitigar los impactos negativos desde el punto de vista ambiental, en un contexto económico y social que se caracteriza por la tendencia a la exclusión social y la degradación ambiental.

Esta situación lleva al extremo los procesos de concentración, simplificación de las identidades y desvalorización de lo local y tiene profundas consecuencias en la expansión de los procesos de desertificación. Quizás la respuesta para enfrentar con éxito la lucha contra la desertificación a nivel nacional, sea trabajar mucho más a conciencia en la recuperación de los valores de identidad y en la revalorización de las propuestas de desarrollo endógeno o local, flexibilizando las estructuras y tendiendo a la descentralización, con unidades más pequeñas y más autónomas, otorgando mayor protagonismo a la sociedad civil organizada, profundizando la búsqueda de una distribución espacial más equilibrada y más equitativa, donde las grandes ciudades dejen de operar como únicos polos de atracción y se tienda a nuevas formas de ocupación del espacio con un mayor equilibrio urbano-rural.

Es en estas opciones donde el ejercicio del poder del ciudadano y especialmente la organización de la sociedad a través de las ONGs abren las perspectivas más renovadoras. Las organizaciones no gubernamentales, con toda su riqueza de situaciones y actores, aportan una dinámica y un espacio de construcción,

fiscalización y control, donde la sociedad adquiere su verdadero protagonismo, con una visión más dirigida al mundo real.

4. El estudio integrado de los procesos de desertificación. Aporte para el conocimiento de sus causas y evolución y su incorporación a un proceso de planificación y gestión

La propuesta de estudio de la desertificación que aquí se presenta (Abraham, 1994), busca la integración de todas las variables, en un enfoque sistémico de construcción del conocimiento, desde un tradicional primer momento de inventario hasta la aplicación de los resultados adquiridos, en la fase de planificación y gestión. Se busca la validación social de los trabajos, sobre la base de la identificación de las necesidades y demandas de la población local y, desde esta visión y la aportada por el conocimiento científico sistemático, colaborar para el planteo de alternativas posibles de solución o mitigación de los problemas identificados.

Es conocido a estas alturas que la desertificación o degradación de tierras es un problema global, cuyos efectos se manifiestan claramente a distintos niveles hasta llegar al nivel local, que es el ámbito por excelencia de las acciones de rehabilitación y control. Es necesario acordar sobre enfoques conceptuales y metodológicos que, respetando las especificidades del contexto local, puedan ser aplicados en diferentes partes del mundo con resultados comparables. Organizaciones internacionales han realizado proyectos sobre la estimación global o regional de la desertificación (FAO-UNEP, 1983; PNUMA, 1991; UNEP, 1990; 1992), ECOSOC, 1995; IADIZA, FAO, PNUMA, 1996), pero hasta el presente no se ha logrado adoptar una metodología unificada.

Los expertos y autoridades de la UN CCD, coinciden en reconocer las limitaciones que presenta esta situación, especialmente a la luz de sus resultados en los últimos veinte años. Se reconoce que los procesos de desertificación o degradación de tierras han seguido aumentando y, fundamentalmente, que las soluciones recomendadas y aplicadas no se refieren a las verdaderas causas de la desertificación, lo que torna ineficientes muchas de las propuestas. Por otra parte, es muy evidente la existencia de dos posiciones respecto a los estudios sobre desertificación. Una que aparece como tradicional, con una fuerte componente del enfoque físico-biológico y una más actual donde el enfoque cultural, social y económico tiene un gran peso.

Según los trabajos realizados en el IADIZA (Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas) los mejores resultados para el conocimiento de los procesos de desertificación se obtienen a partir de estudios integrados, multidisciplinarios (Abraham, 1987; Kharim, y Abraham, 1993; Roig, F. et Al., 1983; Roig, F. et Al., 1992; Abraham, 2000; Abraham y Maccagno, 2001; Abraham, Tomasini y Maccagno, 2002) Estos deben contemplar dos dimensiones: espacial y temporal. Dentro de esta última los estudios diacrónicos son los más apropiados para entender las causas y el dinamismo de la desertificación.

El análisis de numerosas publicaciones sobre el estudio de la desertificación demuestra que en la mayoría de los casos los trabajos realizados se remiten al análisis del estado actual de la desertificación del área estudiada, dejándose de lado el análisis temporal de los procesos. Es en este aspecto donde esta contribución intenta aportar un nuevo enfoque, considerando los aportes de la historia ambiental para entender estos procesos y articularlos en un esquema integrado de trabajo. La contribución metodológica interdisciplinaria que se propone facilita el entendimiento de las causas y la evolución en el espacio y en el tiempo de los procesos de desertificación, identificando los denominados "procesos críticos" y considerando especialmente la interacción entre los condicionantes o factores ambientales y las respuestas de los grupos humanos. Esta parte del modelo de articulación de la dimensión espacial y temporal ha sido elaborado por Abraham y Prieto (1984 y 1991), a través de diferentes contribuciones provenientes de la Geografía y la Historia, respectivamente.

Se parte de la base de que la actual situación de desertificación se estructura sobre un proceso de cambio con dos dimensiones: la natural y la sociocultural, reflejadas a su vez en el espacio y en el tiempo. La metodología tradicional no permite captar toda la complejidad de estas influencias recíprocas y sus relaciones causa-efecto.

La Historia ambiental, también denominada Geografía histórica, se ocupa de conocer la historia de los grupos sociales en el paisaje, la interacción cultura-ambiente en un período dado. Los aportes de esta disciplina permiten conocer las causas de los procesos de desertificación, su ubicación en el tiempo, y sobre todo el entendimiento de la dinámica de la relación de los grupos humanos con el ambiente. Esto posibilita un conocimiento más real de las estrategias de utilización de los recursos, la capacidad de resiliencia de ese ambiente, y brinda así una mejor aproximación al planteo de estrategias de desarrollo sostenido que sean aceptadas por las comunidades locales.

4.1. Escalas de trabajo

La correcta elección de escalas espaciales y temporales se convierte en el paso imprescindible para situar los niveles de análisis, contribuyendo a definir las unidades de análisis ambiental (unidades ambientales de referencia), adecuándose a las características más significativas de los elementos del sistema y de sus relaciones internas y externas (flujos e interfases) con sistemas de otro nivel (local, provincial, nacional). Estas unidades ambientales de detalle se agrupan posteriormente por similitud, integrándose en áreas homogéneas de distinto interés específico (Gallopín, 1987).

4.1.1. *En el espacio:* Se advierte en la utilización de las metodologías de evaluación y mapeo de la desertificación, una gran confusión en relación con la escala de análisis y la escala de representación cartográfica. Para esta propuesta, se considera el aporte de las ciencias geográficas relacionado con los conceptos de macroescala, mesoescala y microescalas o escalas regionales, nacionales, y

locales. Se puede relacionar estos conceptos con escalas numéricas de 1:2.000.000 a 1:1.000.000, 1:1.000.000 a 1:100.000 y 1:100.000 a 1:20.000. A estos niveles debe agregarse en los dos extremos, la escala supranacional, característica de los grandes relevamientos a nivel mundial que involucran escalas mayores de 1:2.000.000 y estudios de detalle en el nivel local, de sectores especiales, que requieren escalas menores a 1:20.000.

La *macroescala* es la escala del territorio, la región. En esta escala se imponen las variables socioeconómicas y los estudios de paisajes y corológicos con los grandes patrones morfoestructurales, biológicos y de uso de los recursos. Es la escala contextual.

La *mesoescala* o escala intermedia focaliza la problemática regional y local. Es el nivel de inventario y la evaluación de los recursos profundizados en los aspectos temáticos y dinamizados en la delimitación de las unidades ambientales, la relación entre los asentamientos y el entorno, entre los grandes espacios abiertos y los tipos de actividad. *“En esta escala el contrato o sistema de acuerdos entre los actores se hace verdaderamente necesario: intervienen muchos participantes, cobran importancia en esta escala los patrones de uso y el espacio de relevancia con relación al funcionamiento ecosistémico...y, en especial, la relación campo-ciudad”*, PESCI, 1977, p. 16.

La *microescala* es la escala de la construcción del habitat y permite descifrar la dinámica e intensidad de los procesos ambientales. Es el ámbito por excelencia de las acciones concretas de lucha contra la desertificación y degradación de tierras, donde la participación de las comunidades locales cobra protagonismo.

Las escalas de representación deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse al caso en estudio, considerando la limitante de las macroescalas en cuanto a la generalidad de los datos representados y de las microescalas en relación con la subjetividad de los datos introducidos y su dificultad para extrapolarlos a otras áreas. Es importante la regla del grado de detalle: a mayor escala (por ejemplo 1:5.000) mayor precisión; a menor escala –ejemplo 1:5.000.000- menor precisión.

La escala se fija en función del objetivo del trabajo, teniendo en cuenta que para la representación en el mapa hay que definir previamente las áreas mínimas cartografiables en relación con su representatividad y legibilidad. En los mapas 1:1.000.000 la unidad cartográfica mínima es de 2.500 Ha, que coincide con 0,25 cm² del mapa. El análisis de la desertificación y su control debe traducirse en un conjunto de expresiones cartográficas comparables. La cartografía adquiere en los estudios sobre desertificación una magnitud insospechada.

4.1.2. *En el tiempo*: La dimensión temporal se aborda mediante el análisis de los procesos, jerarquizados en las siguientes categorías:

Procesos actuales o contemporáneos, verificables mediante la observación directa y el relevamiento de campo.

Procesos recientes o de corta duración, a los que se accede a través de los testimonios documentales. Estos documentos históricos en Hispanoamérica pueden abarcar desde algunas décadas hasta 500 años AP. En Argentina, según las regiones se limitan a una antigüedad de 200 y 400 años BP.

Procesos de larga duración, relacionados con los cambios ambientales producidos desde la última glaciación. Cabe diferenciar los procesos fósiles de los que aún se producen en la actualidad. Interesan especialmente las fluctuaciones climáticas y procesos que pueden evidenciarlas, como los geocriogénicos (producidos por la acción del hielo en sus diferentes manifestaciones). Es posible investigar los cambios paleoclimáticos para tratar de entender los procesos actuales, pero se debe tener permanentemente en cuenta que es con la aparición del hombre -aún desde épocas muy tempranas- que el proceso de desertificación cobra su real dimensión.

Procesos críticos, los registrados en los últimos 150-200 años, donde el factor antropogénico ha tenido mayor incidencia como modificador del ambiente. La acumulación y perfeccionamiento de la tecnología y el sistema valorativo de la sociedad industrial ha acelerado en este período el deterioro de los ecosistemas, proceso que se ha dado antes en unos países que en otros, y con diferente intensidad. Estos procesos críticos deben ser cuidadosamente estudiados, tanto desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo. Esta información es necesaria para proveer de un marco de referencia a las características del ambiente actual y permitir al mismo tiempo su extrapolación al pasado.

Sin descuidar la idea de que los procesos de desertificación han ocurrido en América Latina desde épocas prehispánicas, como lo testimonian los estudios arqueológicos, especialmente en México y los países andinos, es con la colonización hispánica que los sitios son sometidos a un proceso generalizado de deterioro. Los nuevos modelos de explotación del ambiente y las innovaciones tecnológicas, a lo que se suma el desconocimiento del funcionamiento del sistema y las presiones externas que exigían una extracción permanente y continua de recursos, aceleran la desertificación en las últimas centurias, donde estos factores se acentúan y se vuelven críticos. Claramente se expresan en los frentes de expansión agrícola-ganaderos o de extracción de productos vegetales, que siempre obedecen a una dinamizante económica externa a la propia región, constituida por demandas específicas de determinados productos. Estos frentes rápidamente se expanden a expensas del agotamiento del producto extraído, dado el carácter predatorio de las tecnologías usadas y los nulos conocimientos sobre la tasa de renovación de los recursos que se explotan.

5. Bosquejo metodológico

El bosquejo metodológico puede resumirse en ocho pasos:

1. Identificación del problema y los actores, selección del área y las escalas de trabajo.
2. Definición de objetivos, priorización de problemas y objetivos, identificación de las políticas y acciones, y planteo de la estrategia del proyecto (acuerdo sobre los criterios y niveles de sustentabilidad)
3. Conocimiento de las potencialidades y restricciones del sistema (Diagnóstico)
 - 3.1. Inventario de recursos (análisis sectorial e intersectorial)
 - 3.2. Obtención, evaluación y evolución de Indicadores de desertificación
4. Identificación de causas y consecuencias de la desertificación.
5. Identificación de hipótesis de solución y campos de actuación.
6. Zonificación. Programa de actuación y estrategia de implementación.
7. Monitoreo, seguimiento, evaluación y control.
8. Trasferencia y replanteo de objetivos para ingresar al tiempo 2 de la planificación, donde se verifican los impactos de aplicación del proyecto y se reinicia en un segundo nivel los pasos identificados.

Se utiliza como marco de referencia la Metodología de Proyección Ambiental, (Pesci, 1977 y s.s.) ampliada y complementada para la realización de trabajos de ordenamiento ambiental, con el Sistema de Inventario y Planificación de Recursos (Crozier, Fuhrman y Robinete, 1974 y s.s.). A estos métodos, tradicionalmente utilizados para la elaboración de planes de manejo de áreas protegidas y de áreas conflicto, se incorporan los fundamentos de la evaluación integrada de recursos para su planificación y gestión y métodos específicos para la obtención de indicadores de desertificación y la determinación del estado de desertificación de un ecosistema desarrollados en el IADIZA. Se genera como resultado de un enfoque dinámico de la realidad un método sistémico en lo general y en lo específico, con posibilidades de ser ajustado y realimentado durante su marcha.

En un enfoque de sistema abierto, se parte del análisis de los problemas de la realidad y las necesidades de la comunidad involucrada para conformar el diagnóstico y caracterización situacional. De este modo se identifican los problemas y los actores, se delimita el área y se plantean los niveles y escalas de trabajo.

Con esta información se plantean los objetivos del proyecto que deberán ser lo suficientemente explícitos para mantener toda la estrategia del Proyecto. La priorización de problemas guía la priorización de objetivos y la obtención de indicadores de desertificación. Esta etapa busca conocer el sistema ambiental y los procesos de desertificación que lo afectan, las causas políticas, legales, económicas y estructurales que lo provocan, la capacidad institucional y de recursos humanos, y la identificación de las políticas de gestión del área, la existencia de instrumentos legales y la coherencia en su aplicación. Es la etapa de inventario o de análisis

sectorial, donde necesariamente deben profundizarse las especialidades. Sin embargo, toda la información debe referirse a las unidades ambientales de referencia⁶, unidades de aplicación y de planificación, que nos aseguran la posibilidad de mantener la visión sistémica. Estas unidades de aplicación pueden ser agroecológicas, ambientales, regionales, paisajísticas, pero siempre deben mantener el nivel mínimo de coherencia interna para ser representativas de la complejidad de relaciones de la realidad. Las unidades ambientales de referencia permiten a su vez identificar y jerarquizar problemas cada vez más concretos y específicos y a su vez guiarán la propuesta de zonificación del área para compatibilizar los usos en la propuesta de planificación.

Los objetivos y el conocimiento del sistema a través de las unidades de referencia guían la identificación de hipótesis de actuación, las que se analizan y evalúan sectorial e intersectorialmente. Se definen entonces hipótesis de solución, que luego son sometidas a sucesivas etapas de prueba experimental, ajuste, implementación y seguimiento.

Esta etapa no puede reducirse a la mera investigación de las partes del sistema, permanentemente debe recurrirse a la participación de todos los actores, para acordar los criterios de sustentabilidad⁷ que guiarán las hipótesis de solución y los campos de actuación.

Conviene explicitar algunos puntos clave por su importancia en el desarrollo del proyecto:

Definición de objetivos: abarca el porqué se debe hacer y cómo resolverlo, promoviendo la participación de los actores sociales que tengan injerencia en el tema. Establecer participativamente los objetivos que se quieren alcanzar, tanto los fundamentales como los secundarios, enumerados en un estricto orden de prioridad.

⁶ La vinculación del conjunto de subsistemas del medio natural (soporte físico-biológico), del medio ambiental construido (cultura material) y del medio cultural intangible (sistema ideovalorativo) en unidades territoriales define los tipos de unidades ambientales. Operativamente, para obtener mayor comprensión, o por considerarse suficiente, el análisis puede plantearse en unidades menores, donde los procesos tienen mayor nitidez y aún conservan alta representatividad regional (García, 1968). Estas permiten a través de un proceso de identificación de restricciones y potencialidades la definición de las áreas y tipos de intervención prioritarias. A este proceso lo definimos como ordenamiento ambiental.

⁷ Según los Lineamientos para la EI del MST, la sostenibilidad es un asunto de concesión de percepciones y objetivos, a través de negociaciones, entre todos los participantes, en un contexto local de vida real. El concepto de sostenibilidad debería considerarse como una dirección deseable a la cual aproximarse, más que como a un fin en sí mismo. Uno debería hablar de un grado más alto o más bajo de sostenibilidad. Acercarse a la sostenibilidad significa empezar a reconciliar conflictos: depende de las propias percepciones individuales, actitudes e intereses, a menudo contradictorios y que necesitan armonizarse o las consideraciones espaciales, desde el punto de vista de las escalas temporales y las perspectivas. No es posible definir hoy la sostenibilidad en nombre de la próxima generación. Sí es posible mantener el potencial de los recursos de la tierra, de manera que las próximas generaciones puedan desarrollar sus propios valores, prioridades y posibilidades para satisfacer sus necesidades.

es un ordenamiento que requiere el máximo de cuidado, por cuanto de él dependerán las decisiones posteriores. Así, por ejemplo, un área puede ser reservada fundamentalmente, para la protección de un determinado ecosistema y, secundariamente, puede ser utilizada para asentamiento, recreación, excursiones, turismo, etc. El tipo de recursos a inventariar, y la calidad y cantidad de información básica necesaria, serán consecuencia de los objetivos establecidos.

Dentro del orden de prioridad, cada objetivo condicionará absolutamente a los siguientes y, por el contrario, dependerá de los que les preceden en la lista. En síntesis, se buscará un tipo de aprovechamiento múltiple, pero estrictamente jerarquizado.

Inventario de recursos: análisis y evaluación sectorial. Consiste en considerar una cierta descomposición del sistema en estudio, para poder abordar sus aspectos específicos o sectoriales, sin perder de vista la visión de conjunto. Se utiliza en esta etapa como herramienta fundamental los trabajos de inventario integrado de recursos y su expresión cartográfica. Esta etapa tiene por objeto obtener una información adecuada y suficiente de los recursos disponibles, sus características, distribución espacial y situación actual. Dicha información deberá ser suficientemente detallada y homogénea procurando sobre todo que sea relevante a los objetivos que se persiguen.

Una vez definidos los recursos a inventariar, se efectuará la colección de datos considerando la información bibliográfica disponible y la que resulte del desarrollo de los relevamientos de campo necesarios. Con la información obtenida, se elaborará un mapa básico del área a planificar y se creará un banco de datos; el empleo de estos dos elementos permite combinar y asociar esa información. Para esta tarea es deseable confeccionar un mapa temático para cada recurso inventariado. Se basa en el análisis de los elementos del ecosistema actual para la obtención de la información básica del soporte físico-biológico (potencial abiótico y utilización biológica) y del sistema socioeconómico (utilización antrópica). Se organiza inicialmente la información en mapas y estudios temáticos (Fig. 3). Culmina con una reconstrucción parcial de la dinámica ambiental a través de la determinación de las unidades geomórfico-edáficas, bióticas y de uso del suelo, que proporcionan una primera aproximación sintética del estado actual del ecosistema y guiarán la obtención de indicadores de desertificación, los cuales deberán ser lo suficientemente consistentes (ver criterios de selección) para facilitar su evaluación y su evolución en el tiempo. Este punto se desarrolla con mayor detalle en el punto 6.

Los indicadores identificados permiten la evaluación intersectorial, momento en que se cruza, interrelaciona e integra la información en mapas y estudios sintéticos, que muestran el estado de desertificación del área, su fragilidad y sus posibilidades de recuperación y control.

La etapa de inventario concluye con la definición del prediagnóstico, donde se definen conflictos y potencialidades, los que se caracterizan y valorizan mediante redes y matrices para priorizar las más importantes y finalmente definir cuáles

potencialidades solucionan los conflictos. Esto da lugar al planteo de las hipótesis de solución, donde luego de evaluar un conjunto de potencialidades intersectoriales se pueden llegar a establecer campos de actuación preliminares que incorporen las estrategias de recuperación, control y puesta en valor del área.

Previamente a ingresar en la etapa de aplicación de las propuestas seleccionadas, debe probarse experimentalmente algunas de las hipótesis detectadas con procedimientos de simulación lo más cercanos posibles a la realidad, debiendo medirse los resultados, para así ajustar críticamente las hipótesis de solución. Esta prueba experimental permite el ajuste y la validación de las propuestas y se arriba al diagnóstico general y a la definición y caracterización en detalle de los campos de actuación surgiendo ya los proyectos específicos y obras concretas a implementar.

Un paso fundamental en esta etapa es la zonificación del área elegida –Fig. 4– de acuerdo a la actividad priorizada en cada sector. La zonificación resuelve el conflicto de la frecuente incompatibilidad entre los objetivos de la conservación de ecosistemas degradados o frágiles y los del uso, ya sea para asentamientos rurales o urbanos, recreación, actividades productivas, etc. Colabora de una manera más explícita y ordenada en la sistematización de la información, el planteo de la capacidad de uso del área analizada para evaluar las interacciones de los usos de la tierra posibles, organizando el manejo integral del área, minimizando los conflictos y optimizando los usos, dentro de rangos positivos de calidad y costo ambiental.

Cuando se plantean las actividades y usos posibles, permitidos, restringidos o prohibidos, es imprescindible considerar los requerimientos de locación de estos usos. Los requerimientos de locación son los factores críticos que condicionan el desarrollo de una determinada actividad en un sitio dado. Para cada una de las actividades o usos previstos, deberán especificarse con la mayor precisión posible sus requerimientos en lo que hace a tipo de ambiente, infraestructura y en general todas las necesidades, tanto generales como especiales. Los requerimientos tienen valores estandarizados independientemente del área en consideración. Por ejemplo, para la localización de asentamientos, factores limitantes son, entre otros, las pendientes pronunciadas, la escasez de agua o la falta de infraestructuras y servicios. La cuantificación de estos factores pueden asumir en definitiva tres categorías: óptimo, aceptable y mínimo. De este modo se construyen las llamadas “tablas de idoneidad” para cada una de las actividades planificadas. Se puede realizar de este modo un análisis de capacidad de los usos planteados, que resulta de confrontar los requerimientos de cada actividad con el inventario de recursos. De esta

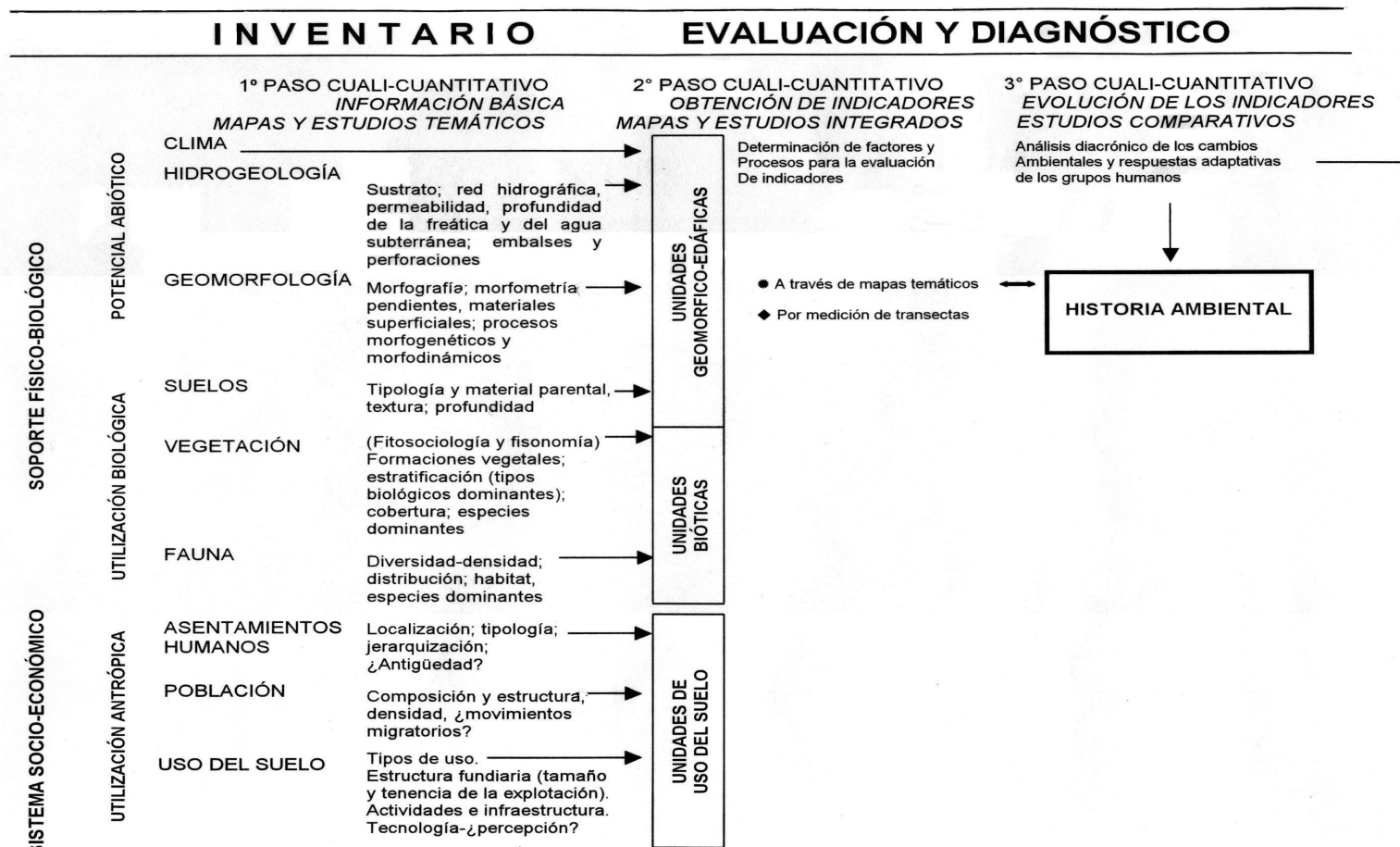


Figura 3. Bosquejo metodológico: inventario integrado de recursos para la planificación y gestión

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN

4° PASO CUALI-CUANTITATIVO
INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

5° PASO: PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN REGIONAL

MAPAS Y ESTUDIOS SINTÉTICOS / MATRICES

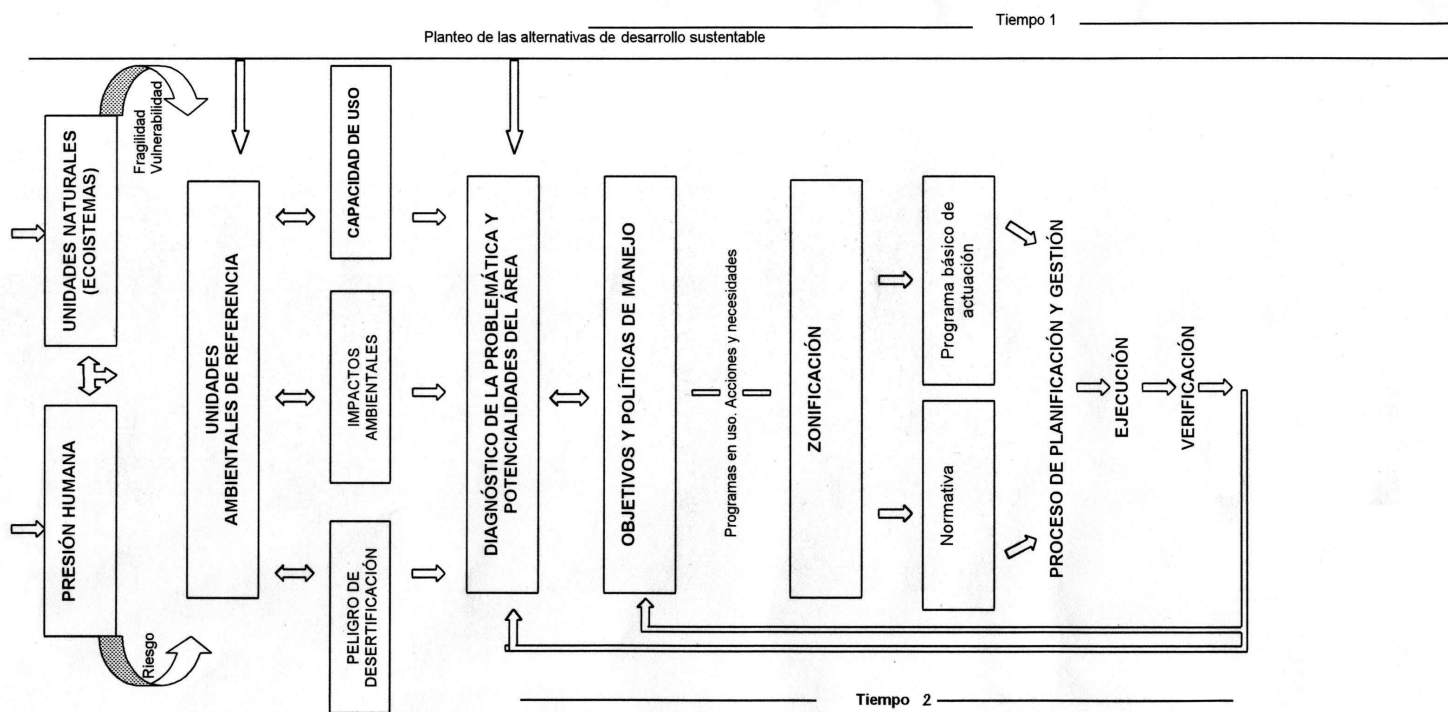


Figura 4. Bosquejo metodológico: inventario integrado de recursos para la planificación y gestión

confrontación surgen estudios y mapas de “capacidad total” que indican los lugares dentro del área que son aptos para dicha actividad. Estos mapas, que son una copia simplificada del mapa básico y que pueden ser contruidos con la ayuda de un SIG, detallan los sitios que cumplen con las tres categorías mencionadas anteriormente. Al realizar superposiciones de unos con otros, se logra una clara interpretación de las interferencias espaciales. También pueden surgir, de acuerdo a los diferentes requerimientos de las actividades planteadas, conflictos temporales.

Los conflictos espaciales y temporales que puedan surgir entre los diferentes usos planificados, se resuelven confrontándolos con los usos prioritarios, según los objetivos, procurando compatibilizarlos con los siguientes en orden de importancia descendente. Puede darse el caso de que un mismo lugar sea apto para desarrollar más de una actividad. La solución a esta situación debe buscarse respetando las prioridades fijadas en los objetivos, desechando los usos menos relevantes para el proyecto. Los conflictos espaciales son resueltos mediante la superposición de los mapas de idoneidad correspondientes a cada actividad. La visualización de los conflictos temporales se efectúa utilizando tablas de doble entrada donde, por una parte se considera la actividad a realizar y, por otra, la época del año en que ésta puede tener lugar. Este análisis puede llevar, naturalmente, a la exclusión total de algunos usos planteados. Por ejemplo no son compatibles los usos de conservación de un ecosistema que presente *valores* específicos de biodiversidad o paisajísticos, con actividades que puedan causar modificaciones o impactos que pongan en riesgo los valores que se trata de proteger. En estos casos, si el objetivo principal es la conservación, no caben dudas sobre qué uso será definido para esta unidad. Compatibilizando usos y objetivos con la capacidad del ecosistema, se puede arribar a un mapa de “capacidad final”, donde se sintetiza la cantidad, calidad y la ubicación relativa de los diferentes usos que se implementarán en el área. Este mapa se constituye así en una eficaz herramienta de manejo.

Los proyectos ya definidos, según la clasificación de usos planteada por la zonificación, deben ser organizados en un Programa básico de uso y gestión, con una estrategia de implementación que defina de qué manera se llevarán a la realidad los proyectos. Este procedimiento, también denominado Plan Maestro, es un modelo a escala de la realidad, que será usado como guía para la toma de decisiones de manejo, con una normativa específica para cada zona. Incluirá toda la información sobre tareas de mantenimiento, desarrollo de trabajos rutinarios y prácticas especiales. Representa la organización de todas las actividades dentro de un proyecto coherente.

Las especificaciones que explican y acompañan el procedimiento, pueden ser detallados en bases de datos y en fichas o tarjetas confeccionadas especialmente para uso de campo. En ellas se consigna la información obtenida a través del inventario de recursos, como así también las recomendaciones sobre tareas de mantenimiento específicas para la implementación y desarrollo del Programa. Todo ello representa un banco de datos de muy fácil acceso y adaptado a una gran variedad de propósitos. También se constituye en un modelo perfectible, que

permite ser mejorado y modificado a medida que se incrementan cuantitativa y cualitativamente los conocimientos sobre el área, lográndose, de este modo, avanzar con mayor precisión hacia el logro de los objetivos preestablecidos. Por esto preferimos hablar de procedimiento de planificación y gestión, en reemplazo del concepto de Plan Maestro de Manejo, que transmite la idea de un documento rígido y acabado, más difícil de modificar según vaya cambiando la situación en la realidad. A través de la ejecución de este programa se puede verificar el grado de recuperación y los impactos que los usos permitidos generan sobre la tierra en un monitoreo permanente del proceso. En un segundo momento (Tiempo 2) se verifica el impacto que el mismo programa genera sobre el área, se reformulan objetivos y se plantean las nuevas investigaciones y experiencias que sean necesarias.

Normalmente esta es la etapa donde los responsables del proyecto entregan la propuesta a los decisores, y se desprenden de la responsabilidad de su aplicación. Sin embargo, es aconsejable plantear una etapa de seguimiento y ajuste permanente del proyecto según las nuevas demandas y las modificaciones que éste genere, y los cambios que pueda sufrir la oferta del medio natural y cultural, a través del tiempo transcurrido. El proyecto, además debe ser sometido a control y evaluaciones permanentes de su desarrollo, sobre todo si, como sucede normalmente en las estrategias de control de la desertificación, existen propuestas que involucren comunidades que han depositado expectativas en el proyecto o bien se hayan planteado experiencias de monitoreo (parcelas de experimentación, tomas de datos periódicos para la evaluación de los indicadores, que impliquen atención permanente).

El circuito ideal se cierra con el establecimiento de un **Sistema de Seguimiento y Monitoreo de la Desertificación**, que pueda proporcionar información actualizada a diferentes usuarios. El monitoreo del funcionamiento del Sistema permite no solamente la actualización de la información sino también la verificación de impactos de aplicación del programa. Con este último punto se inicia el Tiempo 2 del proceso de planificación y gestión, que posibilita el replanteo de objetivos y el reinicio de todos los pasos del proceso de aplicación.

Para garantizar la adopción de las propuestas, la transferencia directa con los tomadores de decisión a todos los niveles debe asegurarse desde el inicio del proyecto. La formulación de normativa específica es el medio más adecuado para institucionalizar las propuestas y asegurar su continuidad, permitiendo su aplicación aunque cambien los decisores y sus criterios, situación desgraciadamente muy común en América Latina, donde las distintas gestiones aplican distintos criterios y muchas veces se pierden o discontinúan esfuerzos valiosos. Otra garantía de continuidad es la metodología aplicada, donde la participación y el protagonismo de la población desde los inicios del proceso de planificación en la co-construcción de los conocimientos y las estrategias de recuperación y control, asegura que las demandas han sido contempladas y la sociedad misma se convierte en árbitro y ejecutora de las propuestas, manteniendo su calidad de asociados en el proceso y garantizando su continuidad.

6. Indicadores de desertificación

6.1. Obtención y evaluación

Un **indicador** de un fenómeno es esencialmente una descripción simplificada de la realidad. Es por lo tanto **un descriptor del estado y la tendencia** de un proceso que debe facilitar la toma de decisiones en la lucha contra la desertificación en la región (OECD, 1993; Winograd, 1994; Ridway, 1995; ECOSOC, 1995; World Bank, 1995). Está integrado por distintas **variables y datos**. Puede ser simple o muy complejo, cuando se logran índices. Un indicador aislado o una sumatoria de indicadores generalmente no es suficiente. Debe tenderse a construir y aplicar **series de indicadores**, con el objetivo de diseñar un sistema integrado de indicadores. En nuestro caso, un **Sistema o Modelo de Evaluación de Desertificación**.

Siguiendo la secuencia general de la metodología planteada, esto se consigue a través de la priorización de los problemas (procesos y factores de desertificación) por unidades ambientales. Cada problema priorizado, confrontado con los objetivos permite la construcción de un indicador o series de indicadores para conocer la dinámica del sistema. La relación de estas series de indicadores debe permitir la elaboración de un **Modelo Básico de funcionamiento del Sistema** (cómo influyen e interactúan los procesos) y a su vez la construcción de un **Modelo simplificado de evaluación del Sistema** (cómo evoluciona, con qué tendencias, a qué velocidad). Esto permite acceder a la etapa de validación de los resultados y a la elección de indicadores líderes para la toma de decisión. Este punto es muy importante, ya que para los tomadores de decisión interesan fundamentalmente los elementos clave para la definición de acciones efectivas en la prevención, la rehabilitación y el control.

Esta actividad requiere como requisito previo acordar los **criterios de selección** de indicadores. Siguiendo los Lineamientos del Monitoreo del Impacto para el manejo sustentable de la tierra, desarrollado por el Banco Mundial en cooperación con la Universidad de Berna (2000), no hay procedimientos globales o series estándares de indicadores. Estos tienen que ajustarse al contexto local y específico de cada proyecto, y a cada una de las situaciones. Por lo tanto los lineamientos se mantienen abiertos y son flexibles para permitir la adaptación a las condiciones locales. Según la misma fuente, son criterios posibles para la selección de indicadores

- **Validez:** el conjunto de indicadores proporciona información suficiente acerca de la situación que se observa.
- **Orientación al usuario:** los indicadores son significativos para diferentes usuarios que necesitan la información.
- **Orientación de género:** los indicadores son sensibles tanto para la esfera de los hombres, como para la de las mujeres, de manera tal que no se descuidan importantes conocimientos específicos de género.

- **Sencillez:** hay un número suficiente de indicadores sencillos y prácticos que son, por lo general, más efectivos para comunicar resultados y para la toma de conciencia entre los participantes que no son ni técnicos ni científicos.
- **Relevancia política:** existe un número suficiente de indicadores que son importantes para los funcionarios gubernamentales y tratan aspectos ambientales que requieren una solución política.
- **Sensibilidad:** el conjunto contiene indicadores que reflejan cambios en el manejo de la tierra a corto, mediano y largo plazo.
- **Confiabilidad:** el monitoreo de los indicadores por diferentes personas y en distintos momentos, produce los mismos resultados.
- **Puntualidad:** los indicadores elegidos proveen datos que pueden analizarse y presentarse a tiempo para todos los participantes que necesiten la información.
- **Compatibilidad:** los datos y formatos son compatibles con los datos existentes.
- **Relación costo-eficacia:** la selección de indicadores implica un compromiso convenido entre la precisión de la información, el tiempo y el equipo requeridos/disponibles, y la representatividad de los datos reunidos.
- **Factibilidad:** puede disponerse de los insumos necesarios (personal, fondos) para monitorear los indicadores de acuerdo con los intervalos de tiempo y la resolución espacial acordados.

El marco de **presión - situación - respuesta** puede usarse como un modelo estructural para identificar temas centrales, formular hipótesis de impacto y seleccionar una serie significativa de indicadores. Los indicadores están en relación con los componentes del modelo. Este modelo es uno de los más utilizados en los estudios ambientales, especialmente desde que la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable lo adoptara para definir sus indicadores de desarrollo sustentable.

La **evaluación y el monitoreo** de los indicadores seleccionados tiene como objeto conocer la dinámica y tendencias de los procesos de desertificación en la región. Esto exige el desarrollo de métodos de medición, procesamiento y archivo de la información obtenida. Es el momento de la elaboración de procedimientos con los aspectos técnicos necesarios para la recolección, el procesamiento y el almacenamiento de los datos y la puesta en marcha de un proceso de validación del modelo. El objetivo es lograr que los actores clave del proceso acuerden y asuman responsabilidades, métodos y un plan de trabajo para la utilización compartida del Sistema de Seguimiento y Monitoreo de la región.

Los indicadores son el instrumento para evaluar cambios ("mejor" o "peor" que antes). Una vez determinados los indicadores "líderes", es aconsejable hacer por lo menos dos series de observaciones: al inicio, para determinar nuestro "estado actual" y a mediados del proyecto, para determinar los cambios producidos. Lo ideal es plantear además observaciones a largo plazo, con sitios y situaciones

“testigo” de áreas donde no se ha aplicado el proyecto y áreas con proyecto. Este es el momento del establecimiento de las estaciones de medición en sitios representativos: parcelas de observación y recuperación de la vegetación, estaciones de medición de datos de climáticos, de erosión del suelo, de cantidad y calidad de recursos hídricos, etc. Es deseable utilizar infraestructuras existentes que garanticen la continuidad de la toma de datos. Si no se cuenta con los medios para el establecimiento de estas estaciones de medición, el proyecto puede realizar una comparación cuidadosa de los sitios intervenidos por el proyecto y los que no han sido intervenidos, conservando estos últimos como “sitios testigo” para comprobar la magnitud de los cambios introducidos y la capacidad de recuperación. Las áreas protegidas se constituyen en sitios privilegiados para estas observaciones, sobre todo, por definición, las reservas de biosfera.

La identificación de la naturaleza y de la dinámica de los procesos de desertificación a través de indicadores permiten una buena aproximación al estudio del estado actual del soporte físico biológico y de la utilización antrópica del área estudiada. Este estudio básico, previo a cualquier intervención del proyecto, permite tener una referencia de comparación en relación con las situaciones que se presenten en el futuro. Los mismos indicadores pueden usarse para destacar los cambios (por ejemplo: contenido más alto de nutrientes disponible, deforestación, incremento de la densidad demográfica), si existen por lo menos dos series de observaciones.

Sin embargo, aún es necesario un tratamiento particular de los indicadores, desde el punto de vista de la escala temporal (evolución de los procesos) para lograr la extensión de las series de datos para dar confiabilidad al trabajo y consistencia a la información. Si se cuenta con información previa compatible, esto "extendería" el propio período de monitoreo del proyecto y el monitoreo inicial ya indicaría una tendencia en el manejo de la tierra. Además, es necesario conocer las causas, los procesos desencadenantes o iniciales y las etapas críticas de la desertificación del sistema. El tratamiento de la evolución de los indicadores nos pone en contacto con los estudios de historia ambiental, que ayudan a proporcionar esta información.

6.2. Estudio de la evolución de los indicadores: historia ambiental

Hasta aquí la metodología planteada permite una aproximación al **estado actual de desertificación** de un área, considerando tanto los indicadores físico-biológicos como los socioeconómicos y políticos. Sin embargo, la desertificación es un fenómeno complejo, donde el análisis temporal es fundamental para identificar las causas y la evolución de los procesos. Se incorporó por lo tanto a esta propuesta metodológica una aproximación al **análisis de la evolución de los procesos**, incorporando los aportes interdisciplinarios de la Historia ambiental.

El **eje temporal** se aborda identificando una línea base en el tiempo –ecosistema base- que se fija según la posibilidad de obtención de registros históricos,

arqueológicos, y de toda disciplina que pueda aportar datos sobre el estado del ambiente en épocas pasadas (Dendrocronología, Climatología histórica, Etnobotánica, Geomorfología, Etnohistoria, Palinología, etc.). La confrontación de los registros históricos (fuentes documentales, narraciones de viajeros, etc.) con los ambientales permite corroborar las hipótesis sobre los cambios ocurridos entre la situación actual y la de nuestro ecosistema base, y de ese modo iniciar el proceso de **comparación del estado y tendencia de los indicadores seleccionados para estudiar los procesos de cambio** producidos en el ambiente y las reacciones adaptativas de los grupos humanos. Conociendo esta dinámica se está en condiciones de plantear alternativas de desarrollo sustentable que provengan del propio devenir de las poblaciones afectadas -rescatando los usos, saberes y tecnologías tradicionales- con muchas mayores posibilidades de ser aceptadas por los grupos sociales afectados.

Un acabado conocimiento del estado de desertificación del ambiente actual y una visión de cómo se llegó a ese estado de degradación, con indicadores seleccionados por su consistencia tanto para la escala espacial como para la temporal, permite validar con mayor certeza modelos prospectivos sobre las tendencias de las áreas afectadas.

La utilización no tradicional de fuentes históricas y su confrontación con el registro ambiental, a través de estudios geomorfológicos y de Climatología histórica, amplía la posibilidad de obtención de información para extensas áreas que no cuentan con registros de datos. El problema de la desertificación afecta en América Latina zonas marginales, enormes extensiones que muchas veces no cuentan con ningún tipo de registros para estudios de base, sobre todo los datos climáticos instrumentales se remontan, en el mejor de los casos, sólo a registros de este siglo, lo que dificulta enormemente entender fenómenos como las sequías y períodos de mayor humedad, básicos en cualquier estudio sobre degradación de tierras.

Estos aportes han sido desarrollados por Prieto (1983 ,1993), y Abraham y Prieto, (1984, 1991). A continuación se resumen las etapas principales de la metodología.

6.2.1. Estudio del ecosistema base. Delimitación de la línea base

La determinación de la línea base del ecosistema consiste en la reconstrucción, lo más ajustadamente posible, de las condiciones ambientales del pasado en un sitio dado. Tomando como guía los indicadores obtenidos en la primera etapa de estudio del estado actual del ecosistema, se comienza con una rápida evaluación de la información histórica existente sobre la zona de estudio, para referenciar lo que se considerará su "estado inicial" y obtener así información sobre los procesos iniciales o desencadenantes de la desertificación para poder aislar desde la línea base los cambios posteriores.

Los indicadores del estado actual de desertificación se confrontan con los obtenidos en el análisis de los documentos históricos, estudios arqueológicos y

geomorfológicos. Esto permitirá determinar el período de ocupación más remoto para el cual se cuente con datos suficientes y confiables como para lograr su caracterización.

Para cada región la fijación de la línea base de referencia tiene una limitante, relacionada con la existencia y antigüedad de las fuentes históricas que se refieren a ella. Este obstáculo puede ser salvado acudiendo a los datos derivados de las investigaciones arqueológicas relacionados con el ambiente, por ejemplo, patrón de asentamiento, extensión y tipos de cultivo, modelos adaptativos y patrón de subsistencia, presencia o ausencia de fauna, introducción o extinción de especies animales y vegetales.

En esta etapa la relación entre Geomorfología e Historia se hace más estrecha. Los registros históricos -a veces de varias centurias- permiten reconocer las modificaciones sufridas por el ambiente, la extensión de las series climáticas actuales, y la distinción de variaciones o fluctuaciones a través de los siglos. Estas variaciones quedan registradas, además, en el ambiente a través de un conjunto típico de geoformas (Thornbury, 1969). La complementación y confrontación entre la información histórica y la geomorfológica -las relaciones entre las formas y los procesos que las generan proporcionan la base de la dinámica ambiental- deberá brindar una aceptable coincidencia de resultados que permitan verificar las hipótesis. Si además se cuenta con registros sedimentológicos, el panorama paleoambiental será completo. No deben descartarse en esta etapa los aportes de otras disciplinas que ayudan a entender los paleoambientes como la Dendrocronología, la Palinología y los estudios dinámicos de vegetación.

Si se han verificado diferencias sustanciales entre la línea base y la actualidad, se iniciará el tercer momento de la investigación: los estudios comparativos.

6.2.2. Estudios comparativos. Periodización, discriminación de las causas y evolución de los procesos.

Una vez caracterizados el estadio actual y el inicial del ecosistema, habiendo obtenido y evaluado los indicadores, corresponde iniciar el análisis de su evolución: análisis diacrónico y estudios comparativos entre los dos estadios.

La ventaja del método histórico en este caso es que permite discernir con seguridad entre las modificaciones causadas por fenómenos naturales y las de origen antrópico.

El análisis de las fuentes documentales, con el conocimiento -a través de la técnica de análisis de contenido- de las pautas culturales y de la percepción ambiental de los emisores, permite el acceso a las tendencias ambientales y climáticas generales y proporciona una visión diacrónica del ambiente.

Una vez identificada y decodificada la información, se procede a la categorización y cuantificación de la jerarquización, frecuencia e intensidad de los procesos, y

finalmente, a la caracterización de ciclos y períodos, así como su representación gráfica y cartográfica.

Con respecto a los indicadores relacionados con la vegetación, los documentos históricos sólo proporcionan información de tipo fisonómico, pues se debe circunscribir el análisis sólo a la identificación de grandes unidades de vegetación tal como se presentan o impresionan al observador del pasado, teniendo en cuenta la o las especies dominantes. Se parte de la premisa de que, ante la carencia de conocimientos botánicos, para el informante del pasado era más sencillo describir la configuración que las especies, al mismo tiempo que buscaba referencias en la vegetación de su región de origen, asimilando las especies o el conjunto a las que se asemejaban formalmente a su lugar de procedencia (Prieto y Wuilloud, 1986).

tanto para la segunda como para la tercera etapa es aconsejable cumplir los siguientes pasos:

A. Identificación de las fuentes documentales.

1. Ubicación de la información
2. Selección del material
 - 2.1. Documentos que proporcionen una visión general de una época o período: crónicas, anales, diarios y descripciones de viajeros. Su análisis puede proporcionar las tendencias ambientales generales.
 - 2.2. Documentos que presenten la ocurrencia de fenómenos -sobre todo climáticos- particulares: papeles públicos, juicios, correspondencia pública y privada, periódicos Permiten la **confección de series climáticas**.

Prieto (1993), explica la importancia del conocimiento de las fuentes históricas para el conocimiento del período colonial americano y su contribución para el estudio de la Climatología histórica. " *Es conocida la gran cantidad de documentación emanada desde todos los niveles jerárquicos de la administración española en América, acumulada en Archivos locales, regionales y nacionales y sobre todo, en el mayor receptáculo de documentación histórica colonial que existe: el Archivo General de Indias localizado en Sevilla ... En todos ellos se puede rastrear la información necesaria para reconstruir la historia climática americana, desde California a Tierra del Fuego. La Corona Española siempre demostró un interés especial en recabar información acerca del clima y el ambiente de las distintas regiones americanas llevada por un interés más económico que científico: la necesidad de conocer los recursos naturales americanos para explotarlos en beneficio de la Corona española. El primer intento quedó registrado en las Relaciones Geográficas de Indias.*

La existencia de un gobierno fuerte y centralizado en este período originó la producción de una información homogénea y similar para todo el imperio, originada en directivas precisas sobre la manera de producirla. Por ello se puede generalizar sus características, considerando tres grandes grupos de textos como emisores de información climática:

1. *Los informes específicos sobre acontecimientos climáticos.*

2. Los anales, crónicas, descripciones de viajeros, que suelen exponer una visión panorámica de una época o periodo o de lugares determinados.

El análisis de los mismos, además de acceder a la información puntual, permite conocer los regímenes de precipitaciones, las características estacionales, el comportamiento de los ríos, etc.

Entre ellos se pueden citar los informes de sacerdotes que hacían sus entradas para evangelizar a los indígenas, en especial las Cartas Anuas de los Jesuitas, reportes anuales acerca de la actividad de la Compañía de Jesús, que comienzan en el siglo XVIII. A ello se suman una serie de informes personales de sacerdotes jesuitas, franciscanos, seráficos y de otras órdenes religiosas, algunos publicados y otros depositados en varios archivos españoles.

3. El otro conjunto de documentos es el que considera aspectos de la vida cotidiana de la población: acciones de gobierno e interacción de individuos dentro del grupo social: actas de cabildo, libros de cuentas o de gastos de cosechas, directivas sobre "abastos" de comida, recopilaciones de precios agrícolas y ganaderos, juicios por posesión de tierras, correspondencia con el gobierno central y entre particulares, denuncias, informes del gobierno, solicitudes. Se los encuentra fundamentalmente en los archivos regionales o provinciales.

Las referencias al clima son casuales, no constituyen el objetivo principal del emisor, por lo tanto las posibilidades de deformación de la realidad son menores, por lo que presentan mayor confiabilidad. Estas fuentes permiten conocer la ocurrencia de fenómenos puntuales que posibilitarán la confección de series climáticas o la graficación de la frecuencia con que se presentan los fenómenos considerados. Por otra parte, el hallazgo de fuentes continuas y del mismo origen sobre una región permite contar con una información más completa que incluya no sólo los años de eventos extremos -que son los que se considera más comúnmente- sino también los años considerados dentro de la media o en un rango de normalidad climática.

En este sentido, fuentes fundamentales para la historia del clima suelen ser los libros de cuenta de las Haciendas agrícola-ganaderas o las Actas Capitulares, especie de libro de actas donde se registraba lo ocurrido en las reuniones semanales de los miembros del Cabildo de cualquier ciudad colonial. En ellas aparecen consignados los fenómenos climáticos acaecidos durante la semana, sobre todo si habían acarreado alguna consecuencia económica adversa. Su importancia reside en su homogeneidad y continuidad en el tiempo. Para ... (los países) que contaban con una fuerte presencia indígena, es importante como fuente los registros de tributos anuales de los indígenas, muy sensibles al estado de los cultivos.

A estas fuentes, se debe sumar el infinito número de cartas, notas e informes enviados a la Corona por virreyes, gobernadores, militares y toda clase de funcionarios coloniales que narraban sus experiencias al frente de alguna región o su actuación frente a los indígenas. En estos comúnmente aparece alguna mención sobre el clima. Cabe acotar que en general se consigna el evento extremo: sequía, inundaciones, crecidas, grandes precipitaciones, en relación con la economía regional." (Prieto, 1993, p.4).

B. Determinación de la relevancia de los textos. Análisis crítico de las fuentes. Decodificación de la información.

Para lograr una reconstrucción aproximada del clima y del ambiente en general, utilizando datos emanados de documentación histórica, se recurre a métodos y técnicas que permiten obtener información científica de fuentes obviamente inconscientes. La Climatología histórica ha recurrido con ese fin a métodos desarrollados por otras ciencias, que le han asegurado la suficiente dosis de confiabilidad con respecto a la objetividad y veracidad de la información recolectada. A través de la *técnica de análisis de contenido* de los documentos se pueden obtener datos sobre el entorno, sobre todo de las variables climáticas y ambientales. Esta técnica permite calibrar la percepción de los observadores del pasado con mucha más precisión que con los clásicos métodos de análisis histórico. Este método parte de la base de que el hombre, en tanto ser cultural, comunica sus impresiones y sentimientos acerca de su medio natural y social mediante un lenguaje propio de su cultura y de su tiempo. Es posible inferir datos sobre esa realidad a partir del análisis de ese lenguaje, de una manera objetiva y sistemática.

Para estudios de este tipo se recomienda tener en cuenta las siguientes pautas:

- Características culturales del emisor del documento, grupo social, oficio o profesión.
- Origen del emisor, puesto que su percepción del paisaje variará de acuerdo a su lugar de nacimiento.
- Fecha de emisión del documento, para poder conocer exactamente el código lingüístico utilizado. Es importante conocer con precisión el significado de cada unidad lingüística, teniendo en cuenta que aquél cambia con la evolución de la lengua.

El análisis sistemático y objetivo del lenguaje permite contar la frecuencia con que aparecen en los textos ciertos temas, palabras o símbolos, asociándolos con la intensidad de las afirmaciones acerca de fenómenos o grupos de fenómenos relacionados directa o indirectamente con el ambiente. Si la frecuencia con que se encuentra una variable o un grupo de ellas es alta, se puede tener la seguridad acerca de la ocurrencia en ese período de un cierto tipo de fenómeno que responda a esas variables. Este análisis de tipo cuantitativo permite aplicar métodos estadísticos a los resultados. Se busca en la documentación sustantivos, adjetivos y verbos que describan en forma directa las condiciones ambientales y sus equivalencias significativas.

C. Operacionalización de las variables climáticas y ambientales

1. Guía temática a través de la definición de las unidades lingüísticas emanadas de los textos.
2. Construcción de un esquema de categorías que funcionarán como indicadores para buscar y ordenar la información (por ejemplo, precipitación normal, sequía, inundación).
3. Evaluación cuali-cuantitativa de la información recabada y clasificación de los fenómenos en el esquema de categorías.

4. Compilación de la lista de descriptores y equivalencias significativas. Se agrupan los adjetivos y adverbios que tengan relación con la cantidad y cualidad de los fenómenos estudiados, determinando una gradación en escalas de tres a cinco unidades. Por ejemplo, muy húmedo- húmedo-normal-seco- muy seco.

La siguiente es una guía temática para orientar la búsqueda de información y ordenar y sistematizar los datos:

Indicadores biofísicos:

- **Clima:** lluvia, nieve, granizo, sequías, heladas, vientos, eventos excepcionales como crecidas, inundaciones, temporales, tornados, avalanchas y sequías extremas.
- **Hidrografía:** variabilidad de caudales de ríos, lagunas, salinas y bañados; cambio de curso de ríos, presencia o ausencia de aguadas y vertientes.
- **Suelo:** procesos de erosión y/o sedimentación, pérdida de fertilidad, procesos de salinización, encostramientos.
- **Sustrato:** procesos tectónicos, terremotos, erupciones volcánicas.
- **Vegetación:** fisonomía, cobertura, degradación, introducción y desaparición de especies.
- **Fauna:** presencia y desaparición de especies nativas, disminución del habitat (especialmente de especies amenazadas o desaparecidas en la actualidad).

Indicadores antrópicos:

- **Localización de asentamientos**
- **Distribución y densidad de población**
- **Contactos culturales**
- **Ocupación y abandono de tierras**
- **Crecimiento y presión demográfica**
- **Uso de recursos naturales (tala de bosques, uso de madera y leña, pasturas)**
- **Introducción de especies animales y vegetales**
- **Uso de la tierra**
- **Formación y desecamiento de humedales (ciénagas, pantanos)**
- **Apertura de caminos y construcción de canales**

D. Cuantificación de la frecuencia e intensidad de los fenómenos observados.
Este paso culmina con la confección de series.

E. Periodización y representación gráfica

Las categorías e indicadores intervinientes en el proceso se aislan y caracterizan de acuerdo con el esquema propuesto para el primer momento del método. En esta etapa se analiza e interpreta la información histórica y del registro ambiental obtenida, tratando de relacionar los fenómenos climáticos y ambientales con la economía y la sociedad de la región. La periodización se realiza de acuerdo al juego de relaciones entre las categorías e indicadores (de equilibrio, de asociación, de

ausencia o presencia, dominancia o subordinación). Finalmente, estas categorías y sus relaciones se expresan a través de la representación cartográfica. Se pueden reconstruir a través de block diagrams las geoformas y su cubierta vegetal utilizando dibujos, descripciones de época o fotografías. Otra posibilidad es confeccionar mapas para los distintos períodos donde se registren las características geomorfológicas, de vegetación, de tamaño y distribución de asentamientos, uso de la tierra, etc. Ayuda mucho en esta tarea la comparación de cartas y planos de distintas épocas, complementados con las descripciones de relatos y crónicas.

Cumplidos estos pasos es factible identificar cualitativa y cuantitativamente el avance de los procesos de desertificación, a través de los distintos estadios, aislando los factores que los desencadenaron. Conociendo su naturaleza e intensidad, las recomendaciones y el planteo de estrategias de desarrollo sustentable, tendrán una base mucho más real y podrán ser mejor comprendidas y aceptadas por la población local, ya que devienen de su propio proceso histórico.

7. Estudios de caso a nivel estatal (sub-regional) y local

Para ejemplificar esta propuesta, se explica a continuación cómo se utilizaron estos conceptos y procedimientos para la resolución de dos casos de pequeña y gran escala -nivel estatal y local - en Mendoza, Argentina. Como se ha dicho, según sea el objetivo del estudio y las dimensiones de la región (confrontar escalas de trabajo), varían las técnicas utilizadas para la obtención y evaluación de los indicadores. Así podemos recurrir a dos niveles o escalas en el análisis: a) Estudios contextuales, regionales o subregionales y b) Estudios de semidetalle y detalle a nivel local.

7. 1. Determinación de indicadores de desertificación a nivel provincial (estatal), para el “World Atlas of Desertification”, (UNEP, 1991).

Este trabajo identificó indicadores líderes por ecosistema, y sirvió de base para la explicitación de políticas y acciones de lucha contra la desertificación desde el sector gubernamental, para la gestión de las áreas afectadas.⁸

El estudio abarcó la superficie total de la provincia de Mendoza (150.839 km², con una población de 1.508.138 hab. al año 1995). Situada al pie de la Cordillera de los Andes se extiende en el centro-oeste argentino, entre los 32° y 37° 35' LS y los 66° 30' y 70° 35' LO. Con un promedio aproximado de 250 mm de precipitación anual, las condiciones áridas y semiáridas condicionan los usos del suelo. La población y las actividades agroindustriales se concentran en los “oasis” irrigados, dejando casi deshabitado el resto del árido territorio. Este desequilibrio territorial constituye la base de casi todos los problemas ambientales en Mendoza, manifestados en la concentración económica y demográfica. En los oasis la actividad productiva –vid, frutales y hortalizas- se afirma en el riego sistematizado, y el agua subterránea.

⁸ (ROIG, F. et Al., 1991).

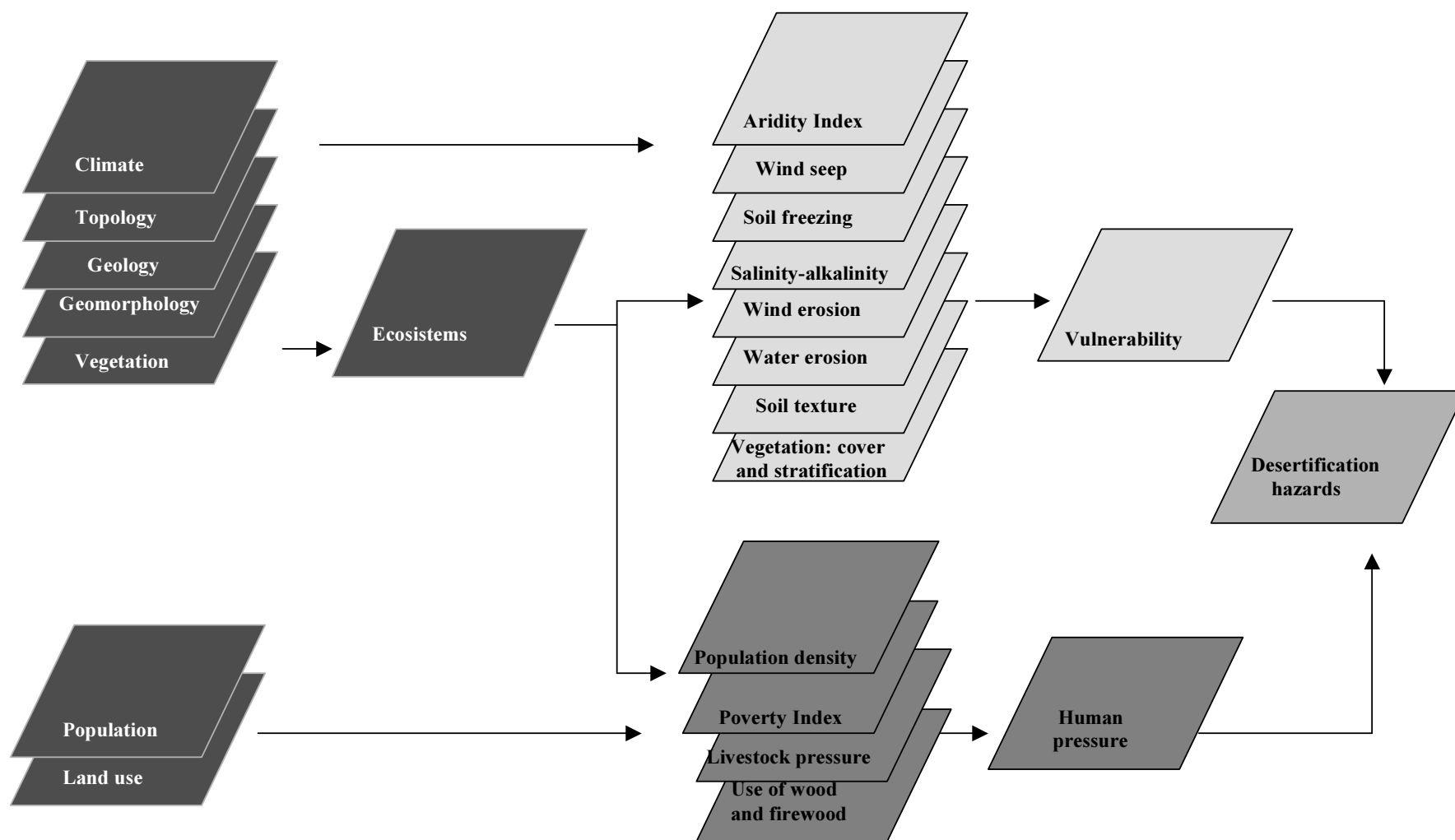
Sobre un territorio de alta fragilidad, la competencia por el uso del agua surge como uno de los principales conflictos ambientales en la interacción oasis-desierto. En el secano predomina la actividad ganadera, acompañada de gran escasez de población, ineficiencias de la red vial y de la dependencia en materia de equipamiento, con respecto a centros urbanos muy alejados. La ganadería bovina está orientada principalmente a la cría.

Todos los ecosistemas de la provincia están afectados por procesos de desertificación, con estados desde moderados a muy altos y tendencia creciente. (ROIG et Al.1991). La desertificación es la resultante de las demandas de una presión humana sostenida sobre la oferta de un territorio con alta fragilidad. Con valores altos y muy altos de vulnerabilidad en casi todos los ecosistemas, se destacan por sus valores críticos los altos Andes, las planicies aluviales del NE y la depresión de Llancanelo. Los ecosistemas que presentan mayor presión humana, como las llanuras orientales, son áreas que si bien no registran alta densidad de población han ofertado a lo largo del tiempo recursos como los bosques de algarrobo y pastizales que las han hecho atractivas para su explotación, sin considerar su sustentabilidad. Los problemas de tenencia de la tierra, el aislamiento y la marginación de los habitantes del desierto han generado fuertes movimientos de éxodo y migración rural. Esto conlleva por una parte el abandono de tierras productivas y de valores tradicionales y por otra el incremento de los procesos de suburbanización en la periferia urbana, con asentamientos que presionan sobre áreas frágiles y el crecimiento de sectores sociales marginales, aumento de la inseguridad, y los delitos relacionados con la exclusión social.

Estos resultados se lograron utilizando la metodología ya descripta, apoyándose básicamente en cartografía, con la utilización de sensores remotos (imágenes satelitarias y fotografías aéreas). El control de campo se realizó en función de los sitios críticos y representativos seleccionados. Una herramienta sumamente eficaz para este tipo de estudios es la utilización de los SIG (Sistemas de Información Geográfica), siempre que se cuente con una información básica confiable.

A través de sucesivos pasos (Fig. 5) se integra la información básica desde mapas temáticos (clima, geología, geomorfología, recursos hídricos, vegetación, suelos, población, uso del suelo) hasta obtener, por superposición, el primer mapa integrado de ecosistemas o unidades ambientales de referencia.

El trabajo realizado para la confección de los mapas temáticos proporcionó las bases para la determinación de los indicadores (factores y procesos) más relevantes en la desertificación del territorio provincial. Estos se seleccionaron en función de su fácil cuantificación en porcentajes y se representaron, a su vez, en mapas temáticos. Así tenemos, por ejemplo, mapas de salinidad-alcalinidad de suelos; de erosión hídrica y eólica; de textura y espesor del suelo; de cobertura y estratificación de la vegetación; índice de aridez; velocidad del viento; congelamiento del suelo; densidad de población; carga de ganado; uso de madera y leña; índice de pobreza, etc.



Thematic maps with basic data	Base map delimiting and identifying ecological work units	Maps of factors and processes	Synthetic maps of factors and processes	Map of desertification hazards
Stage 1 Qualitative		Stage 2 Qualitative and Quantitative		Stage 3 Quantitative
Inventory		Diagnosis and assessment		

Figura 5. Metodología utilizada para el estudio de la desertificación en la provincia de Mendoza

Tomando como base el primer mapa integrado de ecosistemas o unidades ambientales, se superpusieron los mapas temáticos de cada indicador y así se obtuvieron los valores de cada una de las unidades ambientales tomadas como referencia. Esta información se introdujo en una tabla de doble entrada, en la cual la suma de los valores de todos los indicadores de cada ecosistema proporcionó el grado de fragilidad/vulnerabilidad (Inherent Risk) y de presión humana (Human Pressure), según se consideren sólo los indicadores provenientes del medio natural o los relacionados con la actividad humana (Mapas 1 y 2).

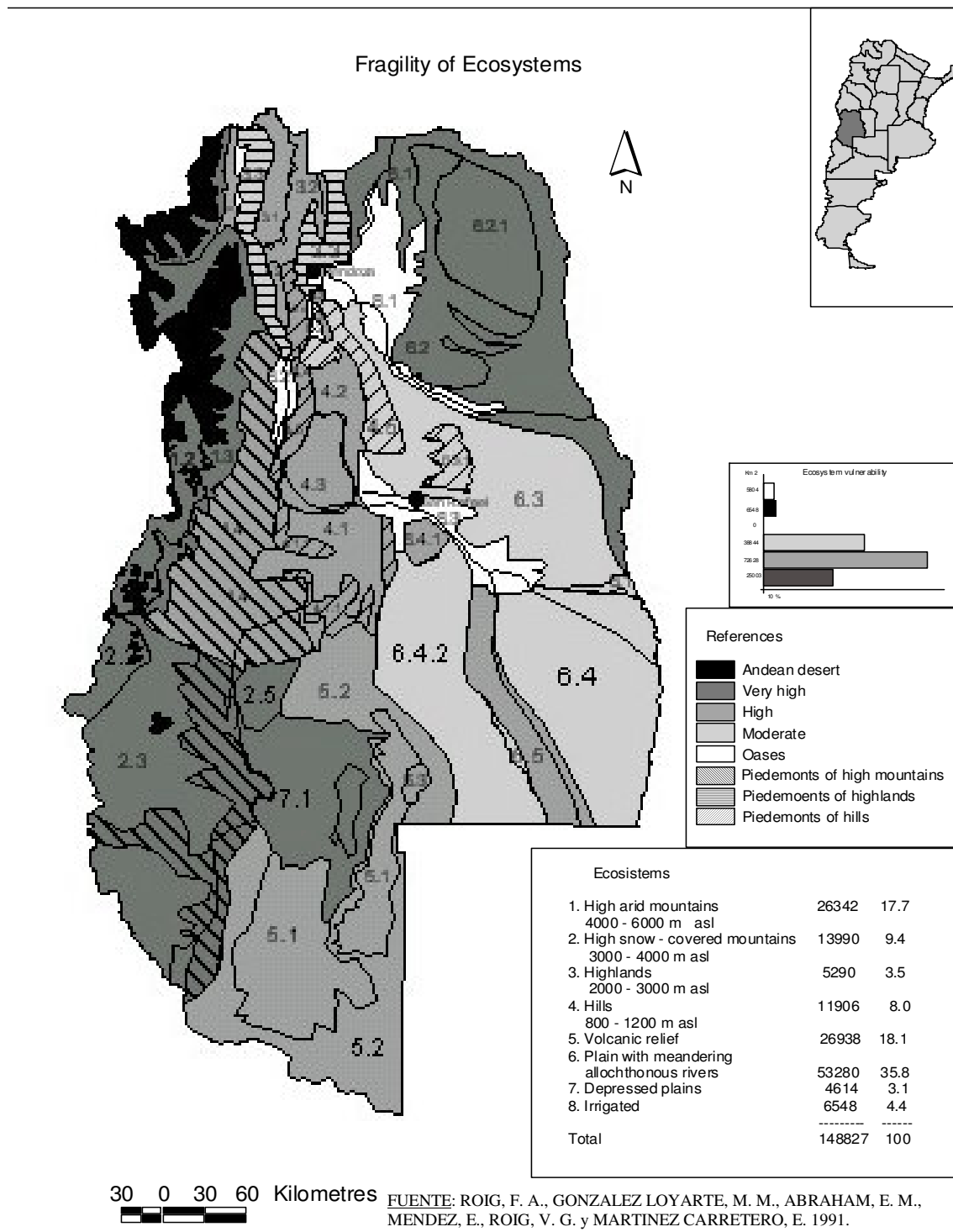
La sumatoria de los indicadores de fragilidad/vulnerabilidad y de presión humana en cada ecosistema permite realizar el mapa de peligro de desertificación (Desertification Hazards) (Mapa 3).

Conviene aclarar que existe gran diversidad de opiniones y definiciones para los términos fragilidad, vulnerabilidad, riesgo y peligro de desertificación, según las múltiples clasificaciones de evaluación de la degradación de tierras, dependiendo fundamentalmente en los marcos teóricos y metodológicos desarrollados por diferentes organismos como la PNUMA, FAO, OEA, etc. para sus trabajos. No tiene sentido abundar en estas diferencias, hasta que no se adopte una metodología unificada. Consideramos que es suficiente explicitar a qué clasificación y marco teórico adscribe el proyecto, para lograr una base de entendimiento de los fenómenos y de los alcances del trabajo, evitando las confusiones terminológicas. Lo mismo sucede cuando explicitamos los marcos de obtención y evaluación de indicadores, donde existen multitud de conceptos, tales como estado, presión, respuesta, impacto, que dependen de las clasificaciones que se utilicen.

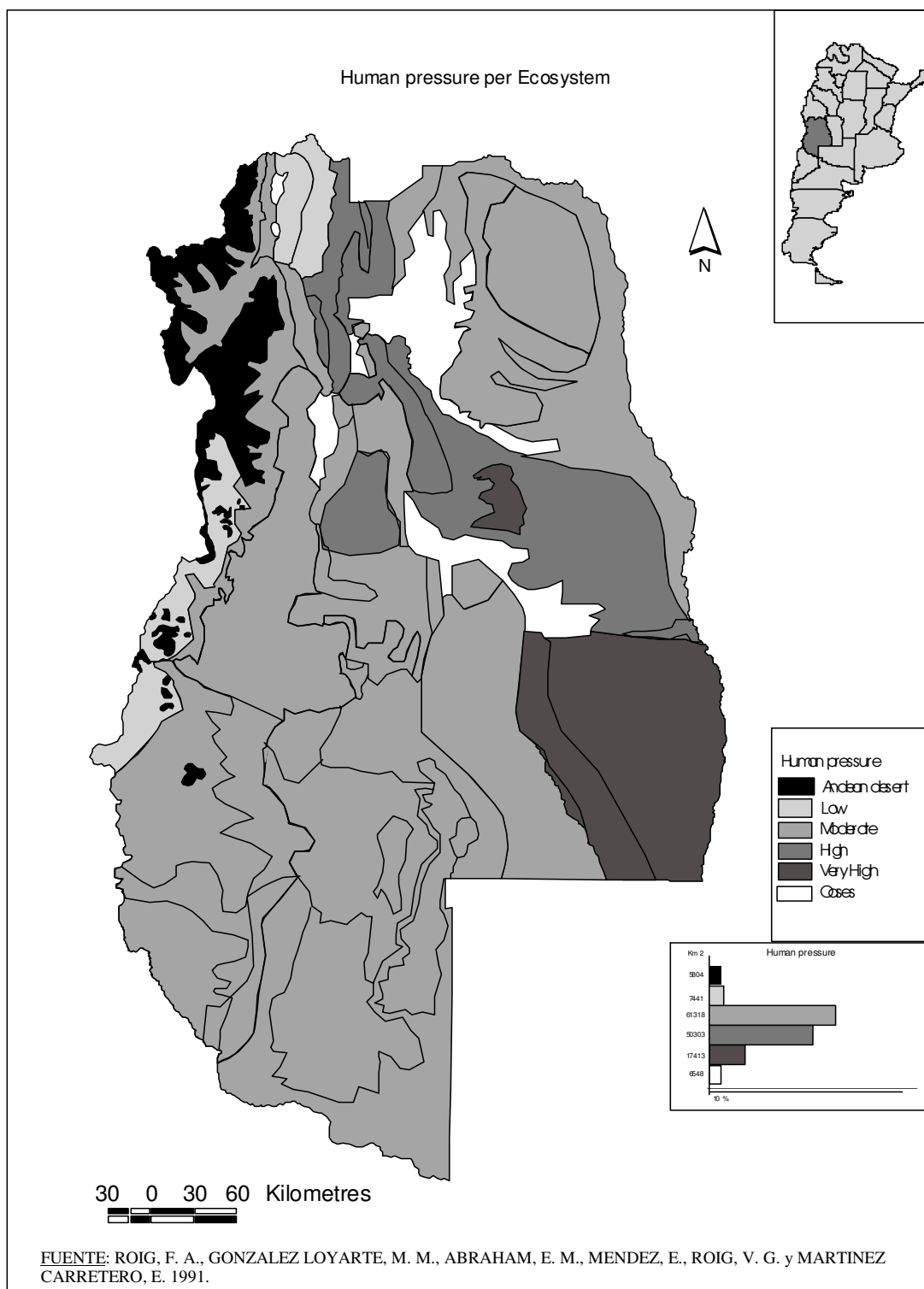
Los indicadores seleccionados se utilizaron como referentes para realizar los estudios de historia ambiental para identificar las causas y los factores críticos de la desertificación en ecosistemas clave de la provincia, como las planicies áridas del desierto de Lavalle, los volcanes y depresiones de la payunia o patagonia mendocina y la cordillera andina (Abraham, y Prieto 1981, 1991, 2000; Prieto y Abraham 1993, 1998).

7. 2. Determinación de indicadores de desertificación a nivel local: Planificación y gestión del piedemonte al oeste de la ciudad de Mendoza ante la desertificación provocada por crecimiento urbano.

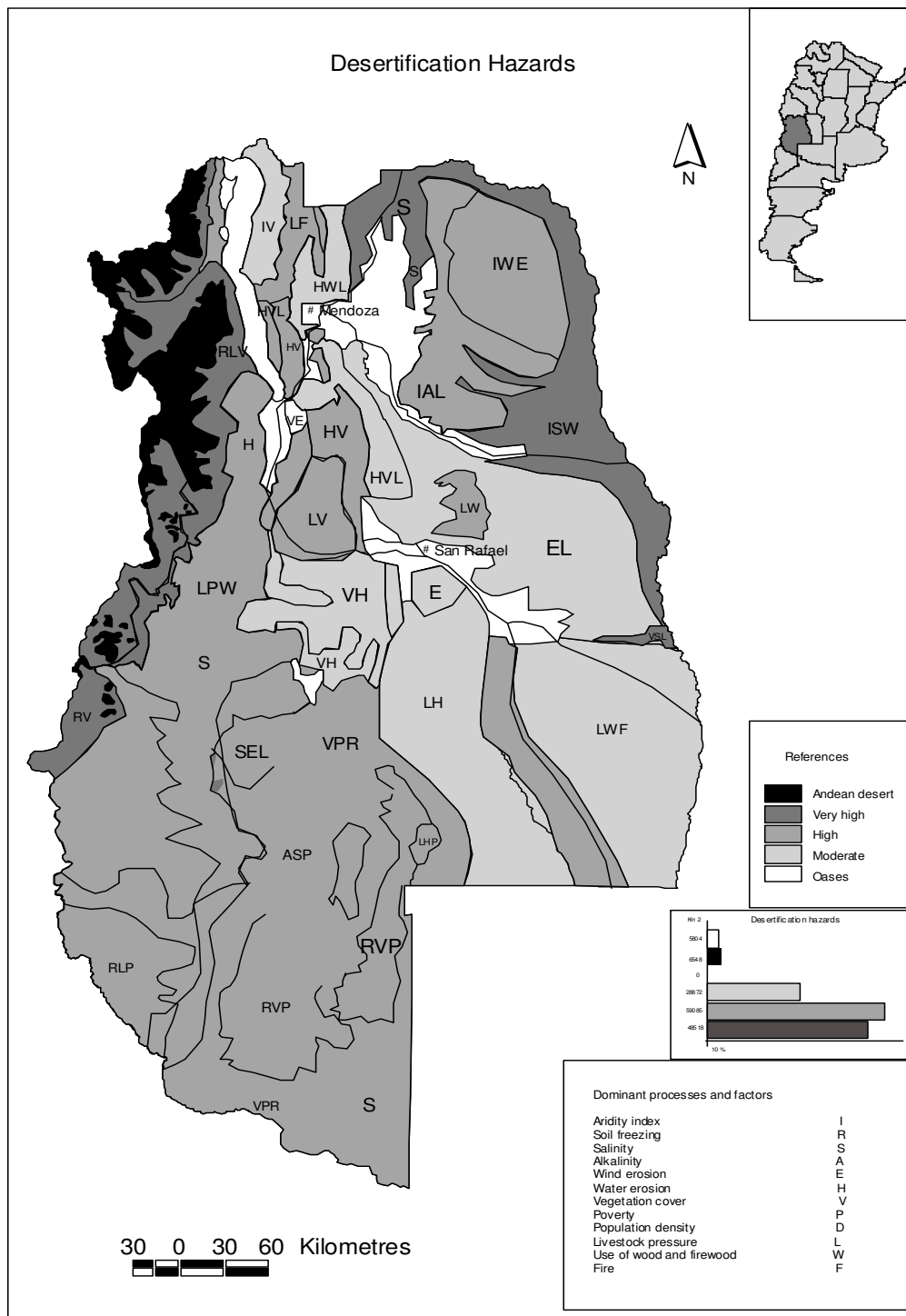
Entre los 1.500 y los 800 m s.m., el piedemonte de la Precordillera, al oeste del Gran Mendoza, es un modelo extrapolable al resto de ambientes semejantes de los Andes Centrales: ecosistema frágil, nexo entre montañas y llanuras, afectado por graves procesos de desertificación acelerados en las últimas décadas por la presión ejercida por el crecimiento urbano anárquico. Presenta dinámicos procesos de intercambio naturales y antrópicos, que activan una amplia gama de conflictos y potencialidades. El conglomerado urbano del Gran Mendoza crece invadiendo las tierras productivas del oasis y hacia el oeste, ocupando el piedemonte. Aquí, los asentamientos -con una tradición urbanística de llanura- producen una grave degradación ambiental.



Mapa 1. Desertificación en Mendoza: evaluación de la fragilidad por ecosistema



Mapa 2. Desertificación en Mendoza: evaluación de la presión humana por ecosistema



FUENTE: ROIG, F. A., GONZALEZ LOYARTE, M. M., ABRAHAM, E. M., MENDEZ, E., ROIG, V. G. y MARTINEZ CARRETERO, E. 1991.

Mapa 3. Desertificación en Mendoza: evaluación del peligro de desertificación

El Proyecto comienza en 1989, con objeto de compatibilizar la conservación del piedemonte y el desarrollo regional y generar -como resultado armónico de las investigaciones y de la gestión- propuestas de ordenamiento tendientes al uso sustentable de los recursos, control de la desertificación y minimización del costo ambiental, incorporando a la población en la comprensión del problema. Con financiamiento del Gobierno de Mendoza, se realizó en forma conjunta entre el IADIZA (investigación y desarrollo), y la Dirección de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Urbano (gestión y aplicación de políticas).

Para la realización de este proyecto un grupo interdisciplinario del IADIZA, dirigido por Fidel Roig elaboró una metodología provisoria para la obtención de indicadores de desertificación con dos objetivos:

1. Obtener un set de indicadores de estado de la desertificación, fáciles de identificar, medir y representar, con fines didácticos, para obtener una metodología unificada de evaluación de la desertificación dirigida a la formación de recursos humanos de Argentina y América Latina (Resultados del Primero, Segundo y Tercer Curso Latinoamericano de Detección y Control de la Desertificación, Mendoza, 1987, 1991 y 1993).
2. Aplicar esta metodología para el conocimiento del estado y las tendencias de la desertificación de un área conflictiva, amenazada por procesos de desertificación generados por avance urbano, para el planteo de acciones correctivas y de manejo sustentable.

Los resultados fueron satisfactorios, ya que se obtuvo una metodología práctica y aplicable, donde los indicadores seleccionados resultaron demostrativos no sólo para establecer los grados de desertificación del área, sino también para guiar todo el proceso posterior de ordenamiento de los usos del suelo y el diseño de un proceso de planificación y gestión que culminó con la promulgación de la primera ley de usos del suelo provincial, donde se dieron las pautas para la gestión y el manejo sustentable del área.⁹

Los estudios a nivel local exigen un mejor conocimiento de la dinámica de los factores y procesos, su intensidad, evolución y tendencias, para el planteo de alternativas de control y recuperación. A este nivel, la metodología pone énfasis en lograr una activa participación de la población local y en las tareas de medición directa en el terreno de los indicadores seleccionados. Esta medición puede realizarse en forma expeditiva (transectas en áreas críticas) o a largo plazo. En este último caso se puede instalar un sistema de monitoreo a través de clausuras de vegetación, parcelas de medición de erosión hídrica y/o eólica, parcelas de experimentación o estaciones de toma de datos climáticos.

⁹ Los resultados están publicados en ROIG, F. Ed., 1989 y ABRAHAM et Al. (1994).

Básicamente los pasos a seguir para la obtención del mapa de peligro de desertificación son los mismos que para la escala regional. La diferencia aparece en la medición de los indicadores.

Durante los trabajos prácticos del 2º Curso se realizaron los mapas de fragilidad/vulnerabilidad (IR) y peligro de desertificación (DH) del piedemonte. En función de los mapas temáticos previamente realizados para conocer el inventario de recursos (asentamientos humanos, geología, geomorfología, pendientes, materiales superficiales y suelos, recursos hídricos y densidad de avenamiento, vegetación, clima, pisos altitudinales y procesos morfogenéticos y antrópicos), se determinaron las unidades ambientales del área. Se hizo un exhaustivo relevamiento de todos los problemas (procesos y factores) de desertificación de la región y se seleccionaron los más relevantes y posibles de cuantificar. Con éstos se confeccionó una planilla de indicadores para ser evaluados en cada unidad ambiental (Cuadro 1).

En el terreno se midió expeditivamente en transectas de 10 m -localizadas en cada unidad, con altura y pendiente- los siguientes indicadores:

a) Manifestaciones visibles en 1 m²: superficie afectada (%) por fenómenos geocriogénicos; pavimento sobre el suelo; erosión eólica; escurrimiento mantiforme, difuso, lineal o en cárcavas.

b) Arealmente se tomaron los valores de vegetación (número de estratos y cobertura); % de superficie con suelos consolidados; evidencias de pastoreo; cobertura de suelo por mantillo y musgos; susceptibilidad de la vegetación al fuego (gramíneas + resinosas); tectonismo (en relación con la actividad de las fallas de toda la región).

Los mapas temáticos proporcionan la información para la obtención de los indicadores climáticos (déficit hídrico- P/EPT); densidad del drenaje (km de cauce /km²); pendientes (%); espesor del suelo; edafoclima; tipos de asentamientos humanos y su relación con el uso (densidad de población, usos del suelo actuales y potenciales, accesibilidad (km /rutas y caminos).

La información obtenida se integra en matrices, mapas y estudios sintéticos para evaluar el grado de vulnerabilidad o riesgo inherente (sumatoria de los grados de los indicadores del soporte físico-biológico de cada ecosistema sobre el número de indicadores evaluados) y la presión humana (sumatoria de los grados de los indicadores de la utilización antrópica sobre el número de indicadores evaluados).

Obtenidos estos valores, se puede realizar el mapa de peligro de desertificación para el área estudiada (Desertification Hazard), resultante de la sumatoria de los dos anteriores (vulnerabilidad + presión humana, sobre el número total de indicadores evaluados).

Cuadro 1. Indicadores utilizados en la evaluación de la desertificación en el piedemonte al oeste de la ciudad de Mendoza

Indicadores de Desertificación

- ♦ Índice de aridez
 - ♦ Déficit hídrico
 - ♦ Velocidad y dirección del viento
 - ♦ Edafoclima
 - ★ Geocriogénesis
 - ★♦ Pendiente (%)
 - ♦ Densidad de drenaje
 - ♦ Tectonismo

 - ★♦ Procesos morfodinámicos activos
 - ♦ Tipo de escurrimiento dominante (mantiforme, difuso, lineal, con cárcavas mayores de 50 cm)
 - ♦ Áreas de denudación, transporte y acumulación
 - ♦ Erosión eólica (superficie afectada)
 - ♦ Formación de cárcavas en áreas planas
 - ♦ Formaciones de médanos, nebkas, mantos y lenguas de
 - ♦ Reactivación de médanos fijos
 - ♦ Colmatación de embalses o cursos de agua

 - ★♦ Espesor del suelo
 - ★ Consolidación del suelo
 - ★♦ Textura del suelo para erosión hídrica y eólica
 - ★♦ Salinidad y alcalinidad de suelos
 - ★♦ Cobertura y estratificación de la vegetación
 - ♦ Relictos de vegetación
 - ★♦ Susceptibilidad de la vegetación al fuego (Cobertura de gramíneas + resinosas)
 - ★♦ Mantillo vegetal y musgos
 - ♦ Productividad
 - ★♦ Evidencias de pastoreo
 - ♦ Reducción del habitat y diversidad de la fauna

 - ★♦ Procesos antropogénicos activos
 - ♦ Deforestación y desmonte
 - ♦ Otras actividades extractivas
 - ♦ Distintos usos de la vegetación
 - ♦ Extracción de leña (origen y cantidad)
 - ♦ Extracción de minerales (sal, rocas, arcillas, fósiles)
 - ♦ Sobrepastoreo
 - ♦ Caza y depredación
 - ♦ Competencia entre especies autóctonas y exóticas de flora y fauna
 - ♦ Usos de la tierra compatibles
 - ♦ Irrigación de la tierra y sus consecuencias

 - ♦ Densidad de población urbana y rural
 - ♦ Presión de ganado / unidad de superficie / tiempo
-
- ♦ Fuente Cartografía temática
 - ★ Fuente medición de transectas en terreno

Habiendo caracterizado de este modo el estado actual de desertificación del área estudiada, se pueden plantear los estudios comparativos entre este estado actual del ecosistema y el "inicial" (estado del ecosistema base) para entender los procesos desencadenantes de la desertificación y su evolución. Se realizó así un bosquejo de historia ambiental de la región (Prieto y Wuilloud, 199), para relacionar los cambios ambientales con las respuestas adaptativas de los grupos humanos y lograr un mejor conocimiento de las alternativas de recuperación y desarrollo del área.

Esta información fue la base con la que se diseñó la propuesta de planificación del área, siguiendo con los pasos establecidos en la metodología. Desde el análisis de las condicionantes ambientales (especialmente fragilidad y peligro de desertificación); el inventario integrado de recursos; la evaluación del impacto ambiental por urbanización; definición de conflictos, potencialidades y campos de actuación; desarrollo de estudios especiales (oferta y demanda de agua, forestación y reforestación con especies autóctonas de bajo requerimiento hídrico, tenencia de la tierra, marco legal, aprovechamiento turístico y diseño de urbanizaciones adaptadas. Con esta información se realizó la zonificación ambiental para clasificar los usos y actividades permitidos, restringidos y prohibidos, creándose tres nuevas áreas de Reserva e implementándose un marco jurídico- normativo para conducir la tarea de planificación (Decreto 1.077/95, Reglamentario de la Ley 5.804 y Proyecto de Modificatoria de la misma). Esta información sustentó la gestión gubernamental. El trabajo fue premiado en la Segunda Bienal Argentina de Urbanismo.

Tanto en el primer caso, de escala local, como en el segundo, de escala provincial, la determinación de indicadores de estado de la desertificación facilitó el proceso de sensibilización de la población local y sobre todo de los tomadores de decisión, para el planteo de acciones de lucha contra la desertificación.

Referencias Bibliográficas

1. **Abraham, E. M. y M. del R. Prieto.** 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el noreste árido mendocino. En: Cuadernos del CEIFAR, Mendoza, 8,109:139.
2. **Abraham, E. M.** 1987. Metodología para el estudio de la desertificación. En: Roig, F. Ed. Detección y control de la desertificación, IADIZA, Mendoza, 55:63.
3. **Abraham, E. M. y M del R. Prieto.** 1991. Contributions of historical geography to the study of processes of landscape change. The case of Guanacache, Mendoza, Argentina. Bamberger Geographische Schriften, Heft 11, S. 309-336, Bamberg.
4. **Abraham, E. M. y V. Roig (Comp.).**1994. Diagnóstico de la desertificación en la República Argentina. Anales del taller latinoamericano de la desertificación y Conferencia Nacional de desertificación. Fortaleza, Fund. Esquel, PNUD, Gob. Ceará, 114:149.

5. **Abraham, E. M., F. Roig, I. Pavan, J. Reina, M. Salomon y E. Vásquez.** 1994. "Planificación y ordenamiento ambiental del piedemonte de la Sierra de Uspallata al oeste de la ciudad de Mendoza." Actas de la IIIª Bienal Argentina de Urbanismo, Luján, Prov. de Buenos Aires.
6. **Abraham, E. M.** 1995. Metodología para el estudio integrado de los procesos de desertificación. Aporte para el conocimiento de sus causas y evolución. En: Vº Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe. FAO, PNUMA, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México.
7. **Abraham, E. M. y M. del R. PRIETO.** 2000. Viticulture and desertification in Mendoza, Argentine. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, T. I, H. 7/8: 1063-1078, Stuttgart.
8. **Abraham, E. M.** 1996. Problemas de desertificación en la Republica Argentina. Propuestas para un Plan de Acción. XI Seminario-Curso: Problemas da qualidade e quantidade da água em regiões semi-áridas. Centro Interamericano de Recursos da Água, Salvador, Bahía, 423: 435.
9. **Abraham, E. M.** 2000. Demand driven definition of indicators. Documento presentado por Argentina en el Side Event-COP4: "Process Monitoring, Impact Indicators and Monitoring-Evaluation for Action Programmes to Combat Desertification". OSS- CILSS-GTZ, Bonn.
10. **Abraham, E. M. y P. Macagno.** 2001. La experiencia argentina vinculada a la obtención y evaluación de indicadores de desertificación. Documento Nacional. En: Actas del International Workshop On Benchmarks And Indicators. Burkina Fasso, 21 al 25 de mayo de 2001, CCD, OSS y CILSS.
11. **Abraham, E. M., D. Tomasini y P. Macagno.** 2002. Monitoreo y evaluación de la sequía y desertificación. Sistemas de alerta temprana para mitigar los efectos de la sequía en América Latina y El Caribe. Documento presentado en la 1º Reunión del Comité de Examen de la Aplicación de la UN CCD (CRIC 1), Roma, 11 al 22 de noviembre de 2002.
12. **Banco Mundial, Univ. Berna, GTZ.** 2000. Manejo Sostenible de la Tierra. Lineamientos para el Monitoreo del Impacto. Banco Mundial, 4 tomos, editado en web.
13. **Baumol, W. y W. Oates.** 1982. La teoría de la política económica del medio ambiente. Antoni Bosh, Ed., Barcelona.
14. **Brundtland, Gro Harlem et Al.** 1987. Our Common Future. Londres, Oxford University Press, 1987.
15. **Carrizosa, Julio** 1982. Planificación del medio ambiente. Cuadernos del CIFCA, 27, Madrid
16. **CCD / PNUMA.** 1995. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. Texto con anexos. Suiza, UN CCD, 71p.
17. **CEPAL/PNUMA.** 1979. Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina: Una interpretación global. E/CEPAL/PRCY. 2/R.50. Octubre.

18. **CEPAL/ILPES/PNUMA**, 1986. La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo. Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.
19. **CNUMAD**, 1999. Textos completos de la Convención, edición revisada, Ginebra.
20. **Comité Ejecutivo Regional**, 1996. Actividades realizadas en el marco del Plan Nacional de Lucha Contra la Desertificación. Región Centro-Oeste. Mendoza, IADIZA, SRNyDS, Ed. CD..
21. **Crozier, E., J. Fuhriman y A. Robinete**, 1974 y s. s. A resource inventory system for planning wild life areas. Wild. Soc. Bul. 2 (4), 178:184. .
22. **ECOSOC (Commission on Sustainability)**, 1995. Review of sectoral clusters, second phase: land, desertification, forests and biodiversity. UN, New York.
23. **ESPASA-CALPE**, 1987. Diccionario de la Naturaleza. Hombre, Ecología, Paisaje. Madrid, Espasa-Calpe,.
24. **FAO-UNEP**, 1983. Provisional methodology for assessment and mapping desertification. Rome, 101p.
25. **Gallopín, G. C.**, 1987. Perspectiva ecológica de América Latina. Conferencia Científica Anual Von Humboldt, Soc. Científica Argentina, octubre 1987.
26. **Gallopín, G. C.**, 1994. Agroecosystem health: a guiding concept for agricultural research? En; N. NEILSEN (Ed.), Agroecosystem Health. University of Guelph, Ontario.
27. **García, Rolando**, 1986. Conceptos Básicos para el Estudio de Sistemas Complejos. En: Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. E. LEFF (Comp.), México, Siglo XXI.
28. **Hurtubia, Jaime**, 1980. Ecología y desarrollo; evolución y perspectivas del pensamiento ecológico. En: "Estilos de desarrollo y Medio Ambiente en América Latina". Fondo de Cultura Económica. México.
29. **Leff, Enrique**, 1986. Ecología y Capital. Hacia una perspectiva ambiental del desarrollo. México, UNAM.
30. **IADIZA-FAO-PNUMA**, 1996. Resultados del Primer Taller Nacional de Identificación de Indicadores de Desertificación, como aporte al desarrollo de una metodología unificada de Evaluación de la desertificación. Mendoza, Diciembre de 1996.
31. **IUCN, PNUMA, WWF, FAO & UNESCO**, 1987. Estrategia Mundial de la Conservación. Ginebra.
32. **Kharin, N. G. y Abraham, E. M.** 1992. Comparative analysis of the desertification assessment methodology used in the URSS & Argentine. Problems of Desert Development 3, Ashkabad, Turkmenian Academy of Sciences.
33. **López Levi, Liliana**, 1993 "Organización económica y política del mundo", en: Configuraciones del mundo actual, año 1, N° 2, U-AMX, México
34. **Medina Torres, J. G. y N. Beltrán**, 1998. Recursos Naturales. Planeación integral. Trillas Ed., México.

35. **Morello, J.** 1984. Perfil Ecológico de Sudamérica. Barcelona, Instituto de Cooperación Iberoamericana, 93p.
36. **Morello, J.** 1987. Manejo integrado de recursos naturales. En: A. Brailovsky, Ed., Introducción al estudio de los recursos naturales. Buenos Aires, Eudeba, 276p.
37. **Naciones Unidas**, 1992. Cumbre para la Tierra. Las Naciones Unidas y el Desarrollo sostenible. CNUMAD, Río de Janeiro.
38. **OECD**, 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environment monograph 83. OECD, Paris.
39. **Ortiz Solorio, M. , Anaya Garduño, M. y Estrada Berg Wolf, J.,** 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Postgraduados-CONAZA, México, 161 p.
40. **Pesci, R. y F. Scudo**, 1977: Introducción a la Proyección Ambiental. Seminario 7. Buenos Aires
41. **PNUMA**, 1991. Estado de la desertificación y aplicación del Plan de Acción de las Naciones Unidas para combatir la desertificación. Informe del Director Ejecutivo. Nairobi, UNEP, GCSS, III-3, 94p.
42. **Prieto, M. del R.**, 1983. El clima de Mendoza durante los siglos XVII y XVIII. (En: Meteorológica, XIV, 1-2, Buenos Aires).
43. **Prieto, M. del R.**, 1993. Reconstrucción del clima de América del Sur mediante fuentes históricas. Estado de la cuestión. (En: Preprint Workshop Project 341 IGCP /IUGS /UNEWCO. Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates: a review of the state of art. Mendoza, IANIGLA, 20p.).
44. **Prieto M. del R. y Abraham, E. M.** 1993. Proceso de ocupación del espacio y uso de los recursos en la vertiente nororiental de los Andes Centrales Argentino-Chilenos. En: Cuadernos Geográficos, 22-23, Univ. de Granada, 219:238.
45. **Prieto, M. del R. y C. Wuilloud**, 1986. Consecuencias ambientales derivadas de la instalación de los españoles en Mendoza en 1561. En: Cuadernos de historia regional, II, 6, Luján.
46. **Prieto, M. del R. y E. M. Abraham**, 1998. Historia ambiental del sur de Mendoza (siglos XVI al XIX). Los factores críticos de un proceso de desertificación. Bamberger Geographische Scriften, Vol. 15: 277-297, Bamberg.
47. **Ridway, R.**, 1995. Development of desertification indicators for field level implementation. Working Paper prepared by the Office to Combat Desertification and Drought (UNDP / UNSO) and NRI (Natural Resources Institute, UK.
48. **Roig, Fidel (Ed.)**, 1989. Desertificación, detección y control. Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano. Mendoza, UNEP – IADIZA, 364p. y Anexo Cartográfico.
49. **Roig, F. A., González Loyarte, M. M., Abraham, E. M., Méndez, E., Roig, V. G. y Martínez Carretero, E.** 1991. Maps of desertification Hazards of Central Western Argentina, (Mendoza Province). Study case. En: UNEP, Ed. World Atlas of thematic Indicators of Desertification, E. Arnold, Londres.

50. **Santibáñez, F. y J. Pérez.** 1997. Metodología Unificada para la Evaluación y Monitoreo de la Desertificación en América Latina. Indicadores de la Desertificación. Santiago. Chile. pp3-10
51. **SDS y PA/ Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.** 1996 y s.s. Programa de Acción Nacional. Documento base y actualizaciones.
<http://www.medioambiente.gov.ar/areas/direcs/default.htm>)
52. **Tamames, R.,** 1985. Ecología y desarrollo. La polémica sobre los límites al crecimiento. Madrid, Alianza Editorial.
53. **Toledo, A.,** 1998. Economía de la biodiversidad. PNUMA, México
54. **Thornbury, W.,** 1969. Principles of Geomorphology. Wiley Int. Ed., 2ª ed, New York, 594 p.
55. **Tricart, J. y Kilian, J.,** 1982. La Ecogeografía y la Ordenación del Medio Natural. Barcelona, Ed. Anagrama.
56. **UNEP. Ad-hoc Consultation Meeting,** 1990. The Assessment of Global Desertification: Status and Methodology. Nairobi, 15-17 feb., 61p.
57. **UNEP** 1992. World Atlas of Desertification. Londres, UNEP, 69p.
58. **Winograd, M.** 1994. Environmental indicators for Latin America and the Caribbean: towards land-use sustainability. GASE Ecological Systems Analysis Group. World Resources Institute, Washington, D.C.
59. **World Bank** 1995. Land quality indicators: report on a workshop, June 21-21, 1995, Washington D.C. World Bank, Washington D.C.

Acciones del Instituto Nacional de Recursos Naturales como Punto Focal de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía en el Perú

Ing. Jorge Millones Olano¹

¹Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Calle Diecisiete 355, Urb. El Palomar, San Isidro. Tel.:2243298. Fax: 2251112. E-mail: inrena-ambiental@dgas.gob.pe

Resumen

Las crecientes tareas que como efectivo punto focal de la CCD ha venido desarrollando el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) es relevado. En el ámbito internacional participando particularmente en reuniones regionales y de cooperación Sur-Sur, y a nivel nacional, coordinando la elaboración e implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación. Se describe los proyectos en desarrollo dentro del marco de este plan, así como su avance en la divulgación de la temática de la desertificación, la investigación para rescatar de las tecnologías tradicionales de lucha contra la desertificación y para la confrontación al problema de la salinización, uno de los procesos que afectan a la costa peruana.

Palabras clave: Desertificación, Perú, INRENA, aridez, CCD

Abstract

The growing tasks that as an effective CCD's focal point the National Institute of Natural Resources (INRENA) has been developing is stressed. At the international level it has participated, particularly, in regional and South-South cooperation meetings; at the national level it has been concerned with the elaboration and implementation of the National Action Program to Fight against Desertification. The developing projects within the framework of the plan are described, as well as the progress made in the diffusion of the desertification theme, the research to rescue traditional technologies to fight desertification and to confront the salinization problem, one of the process that affects Peruvian coast.

Key words: Desertification, Peru, INRENA, aridity, CCD.

Antecedentes

A principios de los años 70, las imágenes de niños famélicos y saca forzada del ganado en el Sahel africano sacudieron la atención mundial. Se iniciaron esfuerzos de ayuda y el mundo tomó nota de los peligros que conlleva dejar en el abandono a las tierras secas. Esta crisis motivó que el Secretario General de las Naciones Unidas establezca la Oficina de lucha contra la Desertificación para ayudar a combatir la miseria. El alcance mundial de la problemática de la desertificación y la importancia de las tierras secas para las generaciones actuales y futuras fueron reconocidos en la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo realizado en Río de Janeiro en 1992 (Agenda 21 en el capítulo 12) y reafirmadas en Río + 10 realizado en la ciudad de Johannesburgo.

A nivel nacional en el Congreso de la República del Perú mediante Resolución Legislativa N°26536, el 11 de enero de 1996, se aprobó la "Convención de las

Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación de los países afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África", adoptada en París, el 17 de junio de 1994 y, suscrita por el Perú, el 15 de octubre de 1994.

El Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA, organismo público descentralizado del Ministerio de Agricultura, es el Punto Focal Nacional reconocido por la Convención en mención, desde el 08 de octubre de 1993.

Acciones del INRENA como Punto Focal

Acciones a nivel Internacional

A.- Reuniones El INRENA, Punto Focal Nacional de la Convención de las Naciones Unidas participa en diversas reuniones internacionales, a fin de promover, coordinar acciones y actividades a nivel nacional, regional y mundial así como presentar avances de lucha contra la Desertificación y Sequía en el Perú. Las reuniones internacionales de mayor relevancia en las que ha intervenido el INRENA son:

- II Foro de Cooperación Interregional África-América Latina y el Caribe
- Reunión Intersesional del Grupo de Trabajo Ad Hoc (AHWG)
- Reunión de coordinación del Programa de Acción Subregional "Desarrollo Sostenible en la Puna Americana"
- Reunión Regional de América Latina y El Caribe (VIII GRULAC)
- Quinta Conferencia de las Partes de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
- III Foro de Alto Nivel sobre la Cooperación África – América Latina y El Caribe sobre la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía.

B.- Convenios

Memorándum de Entendimiento entre el Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA y la Unidad de Coordinación Regional para América Latina y El Caribe de la Convención de Lucha contra la Desertificación – UCR para el intercambio de información a través del Sistema de Información Regional DESELAC, el cual ha sido firmado en el mes de mayo del 2000 y vigente a la fecha.

Acciones como Punto Focal a nivel Nacional

A.- Elaboración de Planes y Programas

En 1993, el INRENA elaboró un Plan Nacional de Acción contra la Desertificación (PNACD), posteriormente se efectuaron diversas acciones, coordinaciones y actividades con otras instituciones, producto de este esfuerzo se elaboró en 1996, el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación en el Perú, PAN-PERU.

Desde 1993 hasta 1996 el INRENA participó en el Grupo de Trabajo de Lucha contra la Desertificación presidido por la Cancillería, creado con la finalidad de

adherirse a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

En 1996 el INRENA conjuntamente con el Grupo de Trabajo de Lucha contra la Desertificación y personas involucradas en el tema elaboraron el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación en el Perú, PAN-PERU. A partir de la publicación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (96) se organizó las llamadas “Asociaciones Regionales de Lucha contra la Desertificación y Sequía” que se conformaron en la zona norte, centro y sur del Perú. Las Asociaciones Regionales de Lucha contra la Desertificación las conforman las entidades gubernamentales, no gubernamentales y personas naturales involucradas en el tema de Lucha contra la Desertificación y Sequía.

Después de la publicación del documento proceso (PAN-PERU), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía solicitó a cada país parte un “Informe Nacional para la implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación – PERU” Período 1996 – 2000. Y en el año 2002 la Secretaría de la Convención solicitó otro “Informe Nacional para la implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación – PERU” Período 2000 – 2002. Para la elaboración de ambos informes se convocó a Reuniones de Trabajo de las Asociaciones Norte, Centro y Sur del País.

B.- Desarrollo y Promoción de Proyectos

Se tiene formulados siete (7) proyectos de carácter nacional, a nivel de perfil, los cuales son:

- ⇒ Fortalecimiento institucional del Punto Focal y sedes regionales – Perú.
- ⇒ Conservación de ecosistemas especiales de la costa árida y sierra semiárida del Perú.
- ⇒ Rescate y valorización de los conocimientos, tecnologías y prácticas tradicionales en la Lucha contra la Desertificación en el Perú.
- ⇒ Implementación de la red de información de lucha contra la desertificación a nivel nacional.
- ⇒ Optimización y desarrollo de los sistemas de alerta temprana de Lucha contra la Desertificación en el Perú.
- ⇒ Atlas de la Desertificación en el Perú.
- ⇒ Rescate y apoyo a la participación de la mujer en la lucha contra la Desertificación en el Perú.

Asimismo, se tiene un proyecto de “Capacitación de Lucha contra la Desertificación, con especial referencia al papel de la mujer”, presentado al PNUD, y el perfil de proyecto denominado “Manejo participativo de los recursos naturales para el desarrollo sostenible en comunidades alto-andinas de la cuenca del Río Ilave”, remitido al Fondo Italo Peruano, a fin de considerar su posible financiamiento.

Asimismo el Punto Focal Nacional tiene entre sus funciones revisar y otorgar, de ser el caso, el aval a los proyectos presentados por cualquier entidad, referentes al tema de lucha contra la Desertificación y Sequía, u relacionada con las otras convenciones (Sinergia). El INRENA avaló el Proyecto denominado “Intercambio de experiencias y perspectivas en el uso de la tecnología de semilla sexual (botánica) en la producción de papa” elaborado por la ONG Central Peruana de Servicios – CEPESER ante el Mecanismo Mundial, el cual fue apoyado económicamente por el ente financiero en mención.

C.- Actividades de Divulgación

El INRENA conjuntamente con la Universidad Nacional Agraria La Molina y la ONG “Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes” está elaborando y difundiendo por correo electrónico el Boletín Electrónico denominado “Sobre los arenales, montes y serranías: La Desertificación en el Perú”; a la fecha se han distribuido ocho números del boletín a los diversos socios de las asociaciones regionales norte, centro y sur de la lucha contra la desertificación y personas involucradas en dicha temática. Dichos boletines se encuentran en la Pág. Web del INRENA: www.inrena.gob.pe

El INRENA y la Plataforma de Agua de Ayacucho (PGAAY - Yakunchik), realizaron conjuntamente el Seminario Taller “Recuperación de Conocimientos, Tecnologías y Prácticas Tradicionales para la Lucha contra la Desertificación”, siendo el objetivo principal rescatar y apreciar el conocimiento tradicional, tecnologías y prácticas que contribuyen a la lucha contra la desertificación y a la mitigación de los efectos de las sequías, orientados al mejoramiento de las condiciones de vida de la gente de las zonas afectadas, especialmente en un nivel comunal, dentro del marco del desarrollo sostenible.

Asimismo, el INRENA en coordinación con la ONG Movimiento Laicos para América Latina y el Consejo Nacional del Ambiente organizaron el Conversatorio denominado “Propuestas para el fortalecimiento de la lucha contra la Desertificación y Sequía en el Perú” efectuada en la ciudad de Lima el 24 de octubre de 2002, con el auspicio del Mecanismo Mundial.

D.- Respaldo Legal

El INRENA efectuó gestiones para la promulgación de la Resolución Ministerial N°0620-2001-AG, del 23/07/01, en la cual se oficializó el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, denominado PAN-PERU, a fin de posibilitar su aplicación en la lucha, control y prevención de la desertificación en el Perú.

E.- Evaluaciones Técnicas

El INRENA en el 2001, ha elaborado un documento denominado “Recuperación de Conocimientos Tradicionales para la Lucha contra la Desertificación” cuyo objeto es recopilar, evaluar y sistematizar las principales tecnologías, conocimientos y prácticas tradicionales utilizadas de manera ancestral para la

lucha contra la desertificación, a fin de organizar una base de datos documentaria y de cada uno de los elementos mencionados; así como desarrollar proyectos que permitan promover e implementar su utilización efectiva en el ámbito de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país, con la participación de las poblaciones y organismos estatales y privados directamente involucrados. El Punto Focal, INRENA, a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales, ha efectuado estudios específicos referentes al avance de la desertificación considerando a la salinización como uno de los procesos que aceleran dicho problema en los valles costeros; el primer estudio se ha iniciado en el área piloto del valle del río Piura en el mes de noviembre del 2001.

Asimismo el INRENA ha elaborado en el 2001, el documento “Evaluación de la Desertificación en Valles Costeros: Avance de Salinización y Propuesta de Monitoreo”, con el fin de contar con un documento técnico que permita conocer la situación actual de la problemática de desertificación asociada a la salinización en valles costeros del país; causas, efectos, estudios efectuados a la fecha, cifras existentes. Asimismo, el documento contendrá una propuesta técnico económica para implementar un sistema de monitoreo y seguimiento sistemático de la salinización en valles costeros.

En el año 2002 se ha efectuado las evaluaciones de la “Salinización en el proceso de la Desertificación en los valles costeros de: Chancay - Lambayeque, Chao, Tambo y Sama”, como parte de las acciones de implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación.

Referencias Bibliográficas

1. **INRENA – FAO.** 1993. Plan Nacional de Acción contra la Desertificación (PNACD)
2. **INRENA – FAO.** 1996. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAN)
3. **INRENA – UNCCD.** Abril 2000. Informe Nacional para la Implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (período 1996 – 2000).
4. **INRENA – UNCCD.** Marzo 2002. Informe Nacional para la Implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en el Perú 2000 – 2002

Manejo y Domesticación de Cactáceas en Mesoamérica

Alejandro Casas¹, Adriana Otero-Arnaiz¹, Edgar Pérez-Negrón¹ y Alfonso Valiente-Banuet¹

¹Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM, A. P. 27-3 (Xangari), Morelia, Michoacán C.P. 58089, México. E-mail: acasas@oikos.unam.mx

Resumen

Se presenta un panorama de la utilidad de las cactáceas entre los pueblos de la Mesoamérica mexicana y de los procesos de evolución que determinan sobre estas plantas las interacciones con los humanos. En esta región, uno de los centros más importantes de domesticación de plantas en el mundo, las cactáceas han sido utilizadas desde las primeras etapas de ocupación humana hace alrededor de 14,000 años y antes de la conquista española habían alcanzado niveles avanzados de uso y manejo. En la actualidad se utilizan en la región 118 de un total de 420 especies de esta familia. El principal uso es como alimento humano, pero también como forraje, material de construcción, medicinales, leña, cercas vivas y protección de suelos. Todas las especies útiles son recolectadas en poblaciones silvestres, pero 37 son sujetas a manejo *in situ*, un manejo silvícola mediante el cual se dejan en pie individuos útiles en áreas de vegetación perturbada. Un total de 46 especies son cultivadas. El manejo involucra selección artificial en especies de cactáceas columnares y *Opuntia*. Existe evidencia morfológica, fisiológica y de biología reproductiva que indica que la selección se ha dirigido a favorecer el aumento en el tamaño de las partes útiles, a favorecer la velocidad y porcentaje de germinación y en algunos casos la autopolinización y cambios fenológicos.

Palabras clave: cactáceas, domesticación, etnobotánica, Mesoamérica, México

Abstract

A general view of the utility of the Cacti is presented among the towns of the Mexican Mesoamérica and of the evolution processes that determine on these plants the interactions with the humans. In this region, one of the most important centers in domestication of plants in the world, Cacti has been used around 14,000 years ago from the first stages of human occupation and before the Spanish conquest they had reached advanced levels of use and handling. At the present time they are used in the region 118 of a total of 420 species of this family. The main use is like human food, but also as forage, construction material, medicinal, firewood, alive fences and protection of floors. All the useful species are gathered in wild populations, but 37 are subject to handling *in situ*, a forestry handling by which useful individuals are left in areas of perturbed vegetation. A total of 46 species is cultivated. The handling involves artificial selection in species of columnar Cacti and *Opuntia*. Morphological, physiologic reproductive biology evidence indicates that the selection has gone to favor the increase in the size of the useful parts, to favor the speed and germination percentage and in some cases the self-pollinisation and phenologic changes.

Key words: cactaceas, domestication, ethnobotany, Mesoamérica, Mexico

Introducción

Mesoamérica es el área cultural comprendida entre la porción sur de México y el noroeste de Costa Rica (Matos, 1994) (Figura 1) y ha sido reconocida como uno de los centros de domesticación de plantas más importantes del mundo (véase Harlan, 1975). Los estudios arqueológicos realizados en esta región sugieren que la domesticación de plantas podría haber iniciado ahí hace aproximadamente 10000 años (Flannery, 1986; Smith 1997) y parecen indicar que se trata de una de las regiones en donde se llevaron a cabo los primeros experimentos de agricultura en el Nuevo Mundo. Autores como Dressler (1953) han considerado que cerca de cien especies de plantas cultivadas (tales como el maíz, cuatro especies de frijoles, cinco especies de calabazas, tomates, aguacates, cacao, entre las más importantes) fueron domesticadas en Mesoamérica por las culturas precolombinas. No obstante, en la medida en que las investigaciones etnobotánicas se han desarrollado en la región, ha llegado a ser cada vez más claro que el espectro de plantas domesticadas en Mesoamérica podría involucrar varios cientos de especies vegetales, muchas de ellas en estados incipientes o avanzados de domesticación, pero que han sido poco estudiadas debido a que su importancia económica se circunscribe a niveles locales y regionales. Este es el caso de las cactáceas, ya que aparte de dos o tres especies del género *Opuntia* e *Hylocereus undatus*, las cactáceas generalmente se encuentran ausentes en las listas de plantas domesticadas. Sin embargo, diferentes estudios arqueobotánicos han encontrado que varias especies de *Opuntia*, así como cactáceas columnares y esféricas se encontraban entre los recursos vegetales más importantes usados en Mesoamérica durante la prehistoria (Smith, 1967, 1986, Callen, 1967). Por su parte, los etnobotánicos han documentado que más de cien especies de cactáceas se utilizan actualmente por los pueblos indígenas del área, y se ha empezado a analizar y a mostrar evidencia de que varias especies de *Opuntia* y cactáceas columnares presentan signos avanzados de domesticación (Colunga, 1984; Casas, *et al.*, 1997a, 1999 a; Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999).

La domesticación es un proceso evolutivo, resultante de la manipulación de organismos por parte de los seres humanos. En este proceso, la selección artificial interviene favoreciendo la supervivencia y reproducción de fenotipos que presentan características ventajosas para la gente; esto es, individuos con mejores características para usarse como alimento, medicina o de otras formas a sus ancestros silvestres, desde el punto de vista morfológico, fisiológico o en su comportamiento. A través de la domesticación, las poblaciones vegetales llegan a ser divergentes con respecto (véase Darwin, 1868; Harlan, 1992). Pero como en los procesos evolutivos generales, la divergencia heredada, esto es, genéticamente controlada, es la divergencia relevante que puede ser considerada como un proceso real de domesticación.

La domesticación de plantas generalmente se asocia con los procesos de cultivo (Harlan, 1992), ya que la selección artificial ocurre más claramente bajo generaciones sucesivas de cosecha y propagación de los fenotipos deseados. Sin

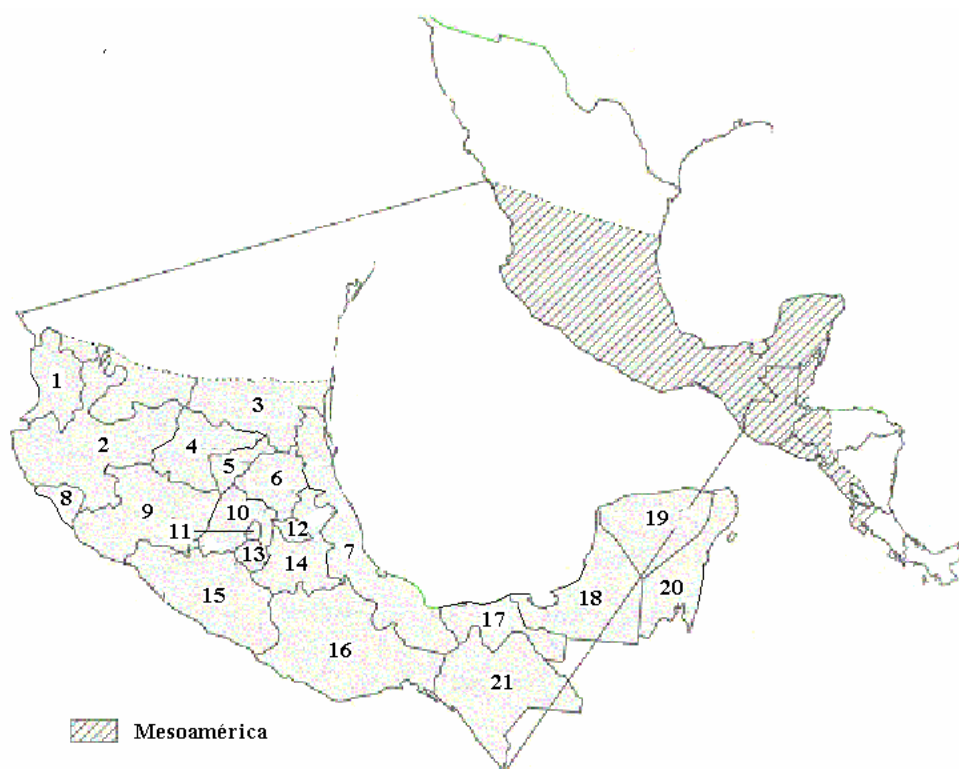


Fig. 1. Area de estudio. Mesoamérica y la parte mexicana de la región (con base en Matos, 1994 y Vargas, 1994). 1 = Nayarit (Nay); 2 = Jalisco (Jal); 3 = San Luis Potosí (SLP); 4 = Guanajuato (Gto); 5 = Querétaro (Qro); 6 = Hidalgo (Hgo); 7 = Veracruz (Ver); 8 = Colima (Col); 9 = Michoacán (Mich); 10 = State of México (Mex); 11 = Mexico City (D.F.); 12 = Tlaxcala (Tlax); 13 = Morelos (Mor); 14 = Puebla (Pue); 15 = Guerrero (Gro); 16 = Oaxaca (Oax); 17 = Tabasco (Tab); 18 = Campeche (Cam); 19 = Yucatán (Yuc); 20 = Quintana Roo (QR); 21 = Chiapas (Chis).

embargo, varios autores han considerado la posibilidad de que los procesos de domesticación pudieran llevarse a cabo bajo diferentes formas de manipulación de poblaciones de plantas silvestres *in situ*, incluyendo entre éstas algunas especies de cactáceas (véase una revisión del tema en Casas *et al.*, 1997b). En Mesoamérica, los estudios etnobotánicos han documentado la existencia de diferentes formas de manejo de las poblaciones y comunidades de plantas silvestres *in situ*, las cuales no son ni recolección ni cultivo en estricto sentido, y que podrían estar determinando procesos de domesticación. Alcorn (1984), Colunga (1984), Bye (1993), y Casas *et al.* (1996, 1997a), entre otros autores, han mostrado que los pueblos indígenas mesoamericanos comúnmente practican un amplio espectro de formas de interacciones con las plantas, entre las cuales las cactáceas no son una excepción. Casas *et al.* (1996) clasifican tales formas de

interacción entre humanos y plantas, en formas de manejo que ocurren *in situ* en condiciones silvestres, y aquellas que ocurren *ex situ*. A través de las interacciones *in situ*, los seres humanos pueden tomar productos de la naturaleza sin efectuar perturbaciones significativas, pero algunas formas pueden alterar la estructura de las poblaciones vegetales cuando se encuentran dirigidas a aumentar la cantidad de individuos de especies o fenotipos particulares de interés. Las principales interacciones *in situ* identificadas hasta el presente son: 1) recolección, que implica tomar productos útiles directamente de las poblaciones naturales; 2) tolerancia, que incluye prácticas dirigidas a mantener dentro de ambientes construidos por humanos, plantas útiles que ya existían ahí antes de que los ambientes fueran transformados por los humanos; 3) promoción, que involucra actividades dirigidas a aumentar la densidad de población de las especies de plantas útiles, entre tales actividades se incluyen la siembra de semillas o la propagación intencional de estructuras vegetativas en los mismos sitios en donde se encuentran las poblaciones silvestres; 4) protección, que incluye actividades deliberadas dirigidas a salvaguardar plantas silvestres con características utilitarias excepcionales; entre estas actividades se incluyen la eliminación de competidores y depredadores, la fertilización y la poda de las plantas, entre otras. El manejo *ex situ* incluye interacciones que se llevan a cabo fuera de las poblaciones naturales, dentro de hábitats creados y controlados por humanos; entre éstas se cuentan: 1) transplante de individuos completos y 2) siembra de semillas y propágulos vegetativos (se pueden consultar ejemplos de estas formas de manejo en Casas *et al.*, 1996, 1997a; 1997b).

La percepción de la variación entre las especies que constituyen una comunidad vegetal y entre los individuos que componen la población de una especie, la distinción de sus diferencias en su calidad como recursos, así como la actitud selectiva de los humanos para tomar ventaja de algunas especies y de algunos individuos en particular, constituyen los principios más importantes de la selección artificial. Los estudios etnobotánicos en Mesoamérica han revelado que tal actitud selectiva es una práctica común entre los pueblos indígenas y que esto ocurre bajo diferentes formas de interacción entre humanos y plantas, no solo bajo el cultivo. Durante la recolección es común que la gente distinga algunos individuos que son diferentes en rasgos relacionados con su calidad como alimento, tales como sabor, tamaño, presencia de sustancias tóxicas, entre otros, de las partes utilizadas, y desde luego escogen los productos de las mejores plantas (Casas *et al.*, 1996, 1997a 1999a). Pero este conocimiento de la variedad puede dar lugar a otras formas de interacción que pueden involucrar selección artificial y domesticación. Las plantas comestibles silvestres y las variantes preferidas pueden ser toleradas selectivamente, promovidas y hasta protegidas *in situ* cuando se encuentran durante los aclareos de áreas forestales, mientras que aquellas especies o variantes no preferidas por la gente pueden ser incluso eliminadas. Tal actitud selectiva puede determinar a largo plazo una modificación continua de la estructura de la vegetación, creando parches en los cuales las especies y fenotipos deseables para los humanos tienen una mayor oportunidad de ser los componentes de la comunidad y, también a largo plazo, los componentes

seleccionados pueden incrementar su frecuencia y densidad en las poblaciones. Esta forma de selección constituye otra faceta de la domesticación.

Considerando este marco conceptual, en este trabajo se hace un recuento de aspectos culturales y biológicos relacionados con el uso y manejo de las cactáceas entre los pueblos mesoamericanos, particularmente de la parte mexicana, y se analizan diferentes facetas de la domesticación de algunas especies bajo el espectro de formas de interacción mencionado.

EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA E HISTÓRICA DE INTERACCIONES ENTRE HUMANOS Y CACTÁCEAS

México es reconocido como una de las áreas más ricas del mundo en especies de cactáceas (Bravo-Hollis, 1978). Las cactáceas se cuentan entre los principales componentes de los bosques tropicales caducifolios y los matorrales xerófitos de las zonas áridas y semiáridas, las cuales cubren cerca de dos terceras partes del territorio nacional (Toledo y Ordóñez, 1993). Los estudios arqueológicos del Valle de Tehuacán (MacNeish, 1967) y de Guilá Naquitz, Oaxaca (Flannery, 1986) sugieren que Mesoamérica fue habitada por seres humanos desde hace aproximadamente 14000 años. Estos estudios arrojan evidencia de que desde la prehistoria, los pueblos que habitaron el área han utilizado un amplio espectro de especies de plantas y animales, y las cactáceas se encuentran entre los elementos más importantes, debido a su abundancia y diversidad, y debido a que la mayor parte de ellas produce partes comestibles.

Es ampliamente aceptada la hipótesis de que la colonización humana del territorio mexicano durante la prehistoria ocurrió en dirección norte-sur. Si esta hipótesis es cierta, los pueblos que se establecieron en Mesoamérica debieron haber llegado del área cultural del norte de México y sur de los Estados Unidos conocida como Aridoamérica, el vasto territorio ocupado por los desiertos sonorense y chihuahuense, en donde las bandas de cazadores y recolectores interactuaron durante un largo tiempo con las cactáceas como recursos principales. De manera que los pobladores prehistóricos de Mesoamérica debieron haber heredado una fuerte cultura de utilización de cactáceas desarrollada por sus ancestros de Aridoamérica y debieron haber desarrollado su propia experiencia de interacción con los ambientes áridos y semiáridos de Mesoamérica. Posteriormente, las continuas migraciones de pueblos desde el norte de México hacia Mesoamérica, entre ellos los Aztecas, progresivamente reforzaron el desarrollo de tal cultura de utilización de cactáceas entre las grandes civilizaciones mesoamericanas que persiste hasta el presente.

Para la Mesoamérica prehistórica, Smith (1967) registró, en las excavaciones de cuevas del Valle de Tehuacán, restos de al menos nueve especies de cactáceas (Cuadro 1), mientras que en Guilá Naquitz, Smith (1986) encontró tallos, frutos y semillas de *Opuntia* en casi todas las zonas estratigráficas definidas en el estudio, desde hace aproximadamente 12000 años. Callen (1967) identificó en coprolitos

humanos de Tehuacán restos de *Opuntia*, que podrían representar algunas de las 18 especies de este género existentes en la región (Arias, Gama y Guzmán, 1997). También encontró restos de cactáceas columnares, que podrían incluir algunas de las 13 especies de los géneros *Escontria*, *Myrtillocactus* *Pachycereus*, *Polaskia* y *Stenocereus* existentes en el área (Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999). En coprolitos de entre 8500 y 7000 años de antigüedad, Callen identificó restos de cactáceas formando parte de una dieta silvestre junto con semillas de *Setaria* spp., raíces de *Ceiba parvifolia*, hojas y tallos de *Agave* spp. y carne. Sin embargo, encontró que en coprolitos de entre 7000 y 5500 años y hasta los más recientes, de entre 1300 y 460 años de antigüedad, las cactáceas podrían haber sido los principales constituyentes de la dieta humana, no obstante el importante desarrollo de la agricultura en la región.

La importancia de las cactáceas en las culturas mesoamericanas antes del contacto con los europeos se puede apreciar en diversos códices precolombinos, los cuales son abundantes en glifos toponímicos que hacen referencia a nombres de cactáceas o de sus partes. Entre los más famosos se encuentra el de **Tenochtitlán**, el nombre original de la ciudad de México y que significa en lengua náhuatl “lugar de tunas de piedra” (una especie de *Opuntia*, “tuna” es el nombre que reciben los frutos de *Opuntia* y que se deriva de lenguas caribeñas, introducido por los españoles). Información histórica posterior a la conquista española se puede encontrar en la “Historia General y Natural de las Indias” de Oviedo y Valdés (1535); el Códice Barberini de 1552 (De la Cruz y Badiano, 1964), que incluye información sobre usos medicinales de especies de *Opuntia* y *Stenocereus*; el Códice Florentino (Sahagún, 1970), que contiene una sección dedicada a la descripción de la diversidad de tunas y a sus usos comestibles, tanto del fruto como del tallo. Estrada (1989) logró identificar en ese código a *Opuntia megarrhiza*, *O. streptacantha*, the *Aporocactus flagelliformis*, *Epiphyllum ackermanii*, *Hylocereus undatus*, el peyote *Lophophora williamsii*, así como especies de los géneros *Mammillaria*, *Echinocactus* y *Ferocactus*. Casas, Caballero y Valiente-Banuet (1999) identifican en el Códice Florentino también a *Escontria chiotilla* y a una especie de *Stenocereus*. Otra obra importante del siglo XVI que hace referencias a cactáceas es la de Francisco Hernández (1959), en la que se describen usos medicinales de varias especies de *Opuntia*, *Myrtillocactus geometrizans* y una posible especie de *Stenocereus*. Las “Relaciones Geográficas del Siglo XVI” describen el cultivo de especies de *Opuntia* y *Nopalea* para la producción de cochinilla. Con base en todas estas fuentes resulta claro que las especies de cactáceas se usaban poco antes de la conquista española, principalmente como alimento (frutos, tallos jóvenes, botones florales y semillas) y como medicina (frutos, tallos y raíces).

Resultan notorias las descripciones de Oviedo y Valdés (1535) acerca de cómo en el siglo XVI algunos pueblos indígenas de la costa del Golfo de México migraban estacionalmente al altiplano en busca de frutos de *Opuntia*. De acuerdo con el autor, la gente acostumbraba a migrar de sitio en sitio consumiendo los frutos de estas plantas.

Aunque todas estas fuentes de información indican una larga historia de utilización de las cactáceas por los pueblos de la región, no existe evidencia del cultivo de estas plantas en la prehistoria. En los documentos históricos hay referencias al cultivo de *Opuntia ficus-indica*, *O. tomentosa* var. *hernandezii*, y *Nopalea cochenillifera* para el cultivo de cochinilla. Sin embargo, no hay referencias claras al cultivo de cactáceas para la producción de frutos, como ocurre actualmente. Tal omisión, de acuerdo con Casas, Caballero y Valiente-Banuet (1999), podría deberse a que los cronistas españoles no consideraron a los frutos de las cactáceas como recursos importantes y por esa razón no las describieron, como tampoco describieron muchas otras plantas cultivadas. Sin embargo, la omisión también podría deberse a que el cultivo de estas plantas es de origen más reciente. Se requieren más estudios arqueológicos para desentrañar esta incógnita, pero los estudios botánicos, como se verá adelante, pueden aportar información importante acerca de los cambios evolutivos de estas plantas bajo domesticación y ellos puede contribuir a estimar la antigüedad del proceso.

Información etnobotánica sobre interacciones humanos-cactáceas

En los trabajos de Helia Bravo-Hollis y sus colaboradores sobre cactáceas mexicanas (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991), se describen alrededor de 850 especies de cactáceas dentro del territorio mexicano y cerca de 420 especies para el área mesoamericana, mientras que diversos estudios etnobotánicos efectuados en la porción mexicana de Mesoamérica han logrado documentar un total de 118 especies de cactáceas utilizadas por los pueblos indígenas (Cuadro 2). Las cactáceas útiles incluyen especies del género *Opuntia*, cactáceas epifitas, columnares, esféricas, abarriladas, y arbustivas (hábitos Op., Epif., Col., Esf., Bar. y Arb., respectivamente en el Cuadro 2). Entre las cactáceas columnares, cerca de la mitad de las especies son “gigantes” (especies con hábito “Col. G” en el Cuadro 2), algunas de ellas de cerca de 15 m de alto, con lento crecimiento vegetativo, floreciendo por primera vez hasta después de varias décadas de crecimiento, y no son cultivadas (Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999). Pero otras 23 especies son relativamente más pequeñas (especies con el hábito “Col. P” en el Cuadro 2). Estas últimas especies miden de 2 a 8 m de alto, crecen más rápidamente que las “gigantes” (la primera floración puede ocurrir después de 6 a 8 años después de la germinación de las semillas, o de 2 a 4 años después de haber sido propagadas vegetativamente), la mayor parte de ellas se propaga vegetativamente y pueden ser cultivadas.

Las cactáceas son usadas principalmente por sus frutos comestibles, que pueden comerse tanto frescos como secos (frutos “pasados”), o bien ser preparados en conservas, como jaleas y mermeladas (uso “1” en el Cuadro 2). Con la única excepción de los frutos de plantas de la subfamilia Pereskioideae, los frutos de todas las especies de cactáceas pueden consumirse por la gente (Bravo-Hollis, 1978). Sin embargo, los frutos de 83 especies son los más comúnmente consumidos, y es posible distinguir entre: 1) especies que producen frutos dulces y jugosos, que se consideran en este estudio como “frutos de buena calidad” y son

las especies más comúnmente recolectadas en condiciones silvestres o cosechadas bajo cultivo; 2) especies cuyos frutos se consideran aquí como de “calidad regular”, y que son colectados sólo ocasionalmente debido a que son demasiado altos para su obtención, o porque presentan espinas abundantes y largas, o porque no son sabrosos (agrios o insípidos), y 3) especies cuyos frutos no contienen pulpa jugosa y se consumen sólo durante periodos de escasez de alimentos, y que aquí son considerados frutos de “mala calidad” (Cuadro 2). Los principales grupos de cactáceas que producen frutos comestibles son las cactáceas columnares, especies del género *Hylocereus*, cuyos frutos son comúnmente denominados “pitaya” (término que deriva de lenguas del Caribe, adoptada por los españoles e introducida a México después de la conquista), algunas especies de *Mammillaria*, con frutos denominados “chilitos” y, entre las más importantes, especies del género *Opuntia*, cuyos frutos, como se mencionó antes, se denominan “tunas”. En general, todos estos frutos se consumen frescos, pero los frutos agrios de algunas especies de *Opuntia*, los llamados “xoconoztles” (del náhuatl “xocotl” que significa agrio y “nochtli”, que significa tuna) se utilizan como verduras o condimentos, hervidos o fritos, como ingredientes de diversos platillos. Colunga (1984) identificó como “xoconoztles” a variantes de las especies *Opuntia joconostle*, *O. lasiacantha*, *O. streptacantha*, y *O. leucotricha*. Esta autora documentó también que la variante roja “jitomatilla” de *O. megacantha*, se utiliza tradicionalmente como sustituto de tomate en algunos guisados y salsas, mientras que la variante “brevas” de *Opuntia robusta* var. *robusta*, cuya cáscara o piel se consume frita, de manera similar a las papas fritas.

De las especies de cactáceas útiles registradas, los tallos de 62 especies se colectan para alimentar a animales domésticos, principalmente asnos, vacas y cabras (uso “2” en el Cuadro 2). Desafortunadamente, en esta lista se incluyen algunas especies de cactáceas de ciclo de vida muy largo que suelen ser amenazadas debido a su extracción para este uso. Con los frutos de 11 especies, indicadas por el uso “3”, se prepara una bebida alcohólica denominada “colonche” o “nochoctli”. Esta bebida es semejante al vino o al “pulque” que los indígenas mesoamericanos preparan con la savia de varias especies de agave.

En general, las semillas de las especies indicadas con el uso “4” en el Cuadro 2 se obtienen de frutos frescos o secos. Se lavan, secan al sol y algunas se tuestan para preparar salsas o una pasta aceitosa comestible que tradicionalmente se unta a las tortillas de maíz.

Los botones florales y/o los tallos de las 34 especies que se indican con el uso “5” son comestibles. Los tallos de especies de *Opuntia* y de cactáceas columnares parecen haber sido un alimento muy común entre los pueblos mesoamericanos desde el pasado remoto (Callen, 1967). En el presente, el consumo de tallos tiernos de especies de *Opuntia* y *Acanthocereus*, así como el uso de tallos de cactáceas esféricas y abarriladas para la elaboración de dulces, es aún común, mientras que los tallos de las cactáceas columnares se consumen más ocasionalmente, en periodos de escasez de alimentos. Indudablemente, las

especies de *Opuntia* son las plantas más apreciadas para el consumo de tallos y, aunque todas las especies pueden consumirse de esta manera, las especies preferidas y aún comercializadas con tal fin son *O. atropes*, *O. jaliscana*, *O. velutina*, *O. tomentosa*, *O. joconostle*, *O. streptacantha*, *O. hyptiacantha*, *O. megacantha*, y *O. fuliginosa*, tal y como lo documenta Colunga (1984). Los botones florales de las especies mencionadas se comen comúnmente después de hervidos en una gran diversidad de platillos (véase Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999). En esta categoría se incluyen también algunas especies del género *Pereskia*, cuyas hojas se comen como verdura.

La madera de 9 especies de cactáceas columnares se usa en la construcción de techos y cercas de las casas campesinas tradicionales (uso “6”), mientras que individuos de 22 especies de *Opuntia*, *Pereskia*, *Pereskopsis* y cactáceas columnares, entre otras, comúnmente se plantan como cercas vivas alrededor de las viviendas o campos de cultivo, o para la consolidación de bordos de contención de suelos en terrazas (uso “7”). Un total de 22 especies han sido reportadas como medicinales (uso “8”), entre las principales enfermedades tradicionalmente tratadas con cactáceas se incluyen dolor de estómago, úlceras gástricas, reumatismo, disentería, diabetes y enfermedades cardíacas. Algunas especies han sido documentadas con propiedades analgésicas, antiinflamatorias y diuréticas (véanse las referencias en el Cuadro 2 para mayor detalle).

Debido a su belleza, muchas especies de cactáceas han sido colectadas, cultivadas y algunas de ellas domesticadas como plantas ornamentales tanto en México como en otras partes del mundo. En este trabajo, sin embargo, solo se han incluido como ornamentales (uso “9”) 19 especies registradas con tal uso por las investigaciones etnobotánicas en comunidades rurales de México. El mucílago de al menos *Opuntia ficus-indica* y *Pachycereus hollianus* es utilizado como adhesivo (uso “10”). Finalmente, los tallos secos de 25 especies han sido registrados ser utilizados como leña (uso “11”) para la preparación de alimentos por las familias campesinas, pero los tallos de *Polaskia chichipe*, *P. chende* y *S. stellatus* se usan como leña también para la manufactura de cerámica.

Los pueblos indígenas de la Mesoamérica mexicana comúnmente recolectan los productos útiles de las cactáceas a partir de poblaciones silvestres (estatus cultural “S” en el Cuadro 2). En general, la gente indica que en el caso de los frutos, practican una recolección selectiva, prefiriendo los frutos de mayor tamaño y los de las especies o variantes de una especie que presentan pulpa jugosa y dulce o, en el caso de los “**xoconztlés**”, pulpa y cáscara agria. También prefieren los frutos con cáscara delgada, pero en los “**xoconztlés**” prefieren que ésta sea gruesa, así como con espinas cortas y escasas y aréolas deciduas (Casas *et al.*, 1997a). De manera similar, para colectar los tallos comestibles, la gente toma en cuenta que el tallo sea delgado, tenga pocas espinas, sabor ácido agrídulce (no amargo), bajos niveles de mucílago y textura poco fibrosa (véase Colunga, Hernández-Xolocotzi y Castillo, 1986).

Sin embargo, se han documentado otras formas de interacción con las cactáceas entre los pueblos mesoamericanos. Casas, Caballero y Valiente-Banuet (1999), Colunga (1984) y otros autores referidos en el Cuadro 2, han documentado que los campesinos de distintas regiones del área frecuentemente toleran o dejan en pie individuos de un total de 19 especies de cactáceas columnares, variantes de 13 especies de *Opuntia* y 5 especies de otras cactáceas, cuando llevan a cabo aclareos de vegetación para cultivar maíz (estatus cultural “M” en el Cuadro 2). Es también común que la gente plante en estas áreas propágulos vegetativos de las cactáceas que se dejan en pie, con el propósito de promover su abundancia en el sitio. Debido a que los individuos tolerados de estas especies compiten por espacio con plantas cultivadas, la gente selecciona cuidadosamente cuáles especies y cuáles individuos deja en pie, y al hacerlo toma en cuenta la utilidad y la calidad de sus productos, de acuerdo con los criterios mencionados en el párrafo anterior.

Finalmente, se han documentado 46 especies cultivadas (estatus cultural “C”), principalmente a partir de sus partes vegetativas en los solares y huertas indígenas tradicionales o en campos de cultivo, en donde sirven además como cerca viva o barreras contra la erosión del suelo. En general, la gente corta ramas o cladodios vigorosos a partir de los mejores fenotipos tanto de poblaciones silvestres como manejadas in situ y cultivadas. En ocasiones los individuos cultivados reciben algún riego y es común que la gente deposite al pie la ceniza acumulada en los fogones de la cocina. Pero los individuos cultivados también pueden derivarse de semillas, algunas veces sembradas deliberadamente, pero más comúnmente de las semillas dispersadas por aves, murciélagos o humanos en sus heces fecales. En estos casos, la gente no puede reconocer a partir de características vegetativas la calidad que tendrán los productos cuando los individuos lleguen a ser adultos. Por esta razón, la gente suele tolerar las plántulas e individuos jóvenes y toma la decisión de eliminarlos o dejarlos en pie solo hasta que llegan a ser adultos y producen frutos. Es común que entre estos individuos de origen sexual se encuentren nuevas variantes con características atractivas. Tal es la principal motivación para tolerar su presencia durante un largo tiempo.

EVIDENCIA BIOLÓGICA DE LA DOMESTICACIÓN DE CACTÁCEAS

Cactáceas columnares

Aunque se han registrado para la región 12 especies de cactáceas columnares cultivadas (Cuadro 2), hasta el presente los únicos casos analizados bajo la perspectiva de procesos de domesticación son: *Stenocereus stellatus* (Casas *et al.*, 1997a; Casas *et al.* 1999a, b), *S. queretaroensis* (Pimienta-Barrios and Nobel, 1994), *S. pruinosus* (Luna, 1999), *Escontria chiotilla* (Arellano y Casas, 2002), *Polaskia chichipe* (Carmona y Casas, en prensa; Otero-Arnaiz, *et al.* en prensa) y *P. chende* (Cruz y Casas, 2002). *S. stellatus* es una especie endémica de la región centro-sur de México, *S. queretaroensis* y *E. chiotilla* se distribuyen en la región centro-occidental de México, *S. pruinosus* en el centro y sureste de México, y las

especies de *Polaskia* son endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, entre los estados de Puebla y Oaxaca (Figura 2). En general, estas especies se encuentran en condiciones silvestres formando parte de bosques tropicales deciduos y matorrales xerófitos, frecuentemente siendo componentes dominantes de la vegetación y determinando asociaciones vegetales específicas (véanse ejemplos para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán en Valiente-Banuet *et al.* 2000). Para todas las especies se han registrado poblaciones manejadas *in situ* y todas, excepto *E. chiotilla* y *P. chende*, son cultivadas (Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999).

Las seis especies presentan una considerable variación morfológica, especialmente en las características de sus frutos, la que en parte es determinada genéticamente y en parte por el ambiente en que se encuentran, y, también, en parte es resultado de la selección natural y en parte de la selección artificial. Esclarecer tales componentes y origen de la variación constituye un aspecto central de nuestras investigaciones en proceso, y algunos avances se reseñan en el presente trabajo. De acuerdo con información arqueológica obtenida de las cuevas de Tehuacán, *S. stellatus* y *Escontria chiotilla* han sido usadas por la gente desde hace más de 5,000 años (MacNeish, 1967; Smith, 1967), y los pueblos indígenas actuales de la región usan y manejan a estas especies, así como a *S. pruinosus* y a las especies de *Polaskia*, aunque estas especies no se han encontrado en el registro arqueológico. Para *S. queretaroensis*, Pimienta-Barrios y Nobel (1994) reportan que esta especie es ampliamente cultivada en los estados de Guanajuato y Jalisco, pero consideran que su cultivo y domesticación es relativamente reciente, probablemente a partir del siglo XIX.

El color de la pulpa, el sabor, la cantidad de material comestible, el grosor y la espinosidad de los frutos, son las principales características usadas por la gente en la clasificación folk de las variantes dentro de las especies, en la asignación de calidad a los productos, y en la selección de los individuos que determina una propagación diferencial de algunas variantes (Casas *et al.*, 1997a; Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999; Pimienta-Barrios y Nobel, 1994; Luna, 1999). Este manejo, entonces, parece estar involucrando selección artificial, que parece ser particularmente intensa en los solares y huertos indígenas, en donde la manipulación de estas cactáceas se lleva a cabo mediante una continua plantación y reemplazo de individuos. Pero la selección artificial también parece ser significativa bajo manejo *in situ*, en el que la selección se dirige principalmente a aumentar las frecuencias de los fenotipos más favorables existentes en las poblaciones silvestres (Casas *et al.*, 1997a).

Los estudios de Casas *et al.* (1997a, 1999a), Carmona y Casas (en prensa), Arellano y Casas (2002) y Cruz y Casas (2002) pusieron a prueba la hipótesis de que si la selección artificial ha sido significativa, tanto el manejo *in situ* como el cultivo de *S. stellatus*, *E. chiotilla* y *Polaskia* spp. podrían haber cambiado en alguna medida los patrones de variación morfológica que se pueden observar en las poblaciones silvestres sin manejo, y especialmente estos cambios deberían

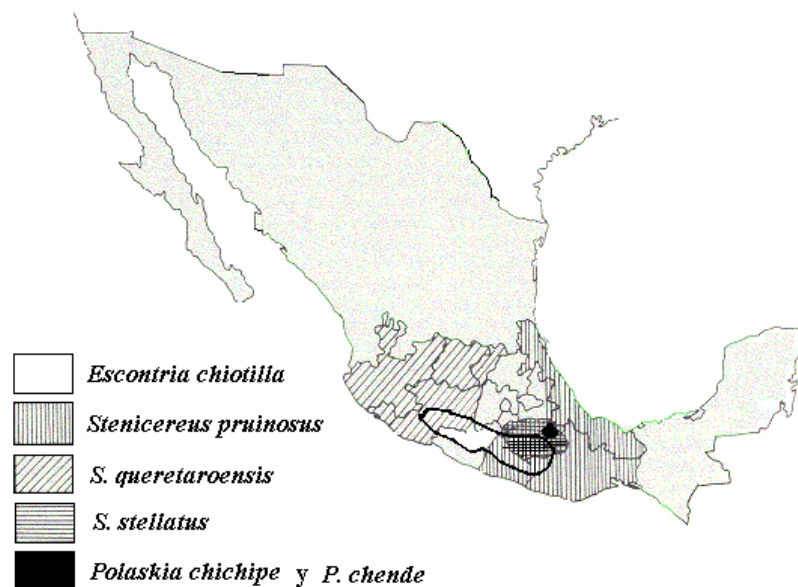


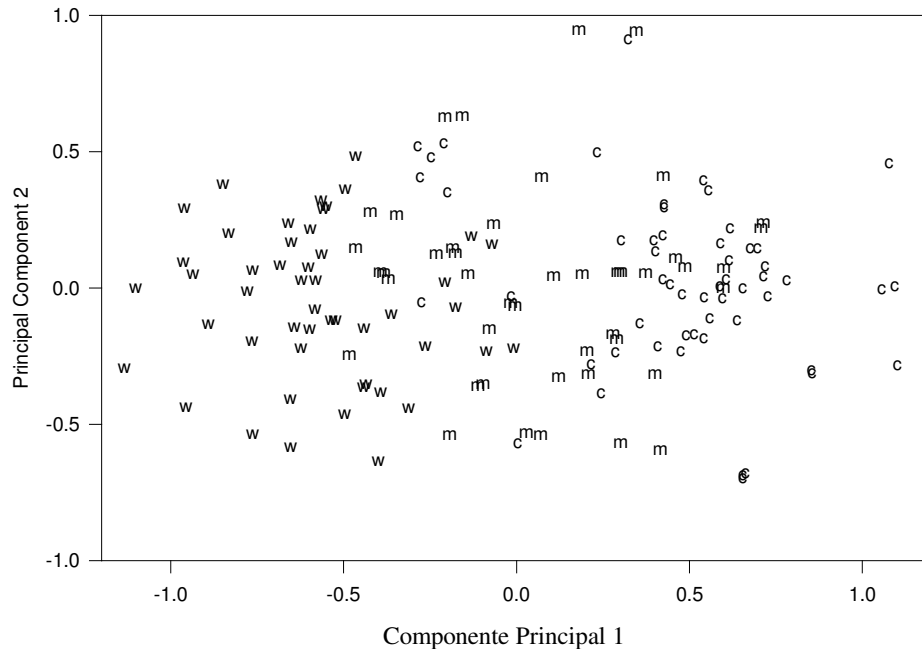
Fig. 2. Rango de distribución de *Stenocereus stellatus*, *S. queretaroensis*, *S. pruinosus*, *Escontria chiotilla*, *Polaskia chichipe* y *P. chende* (con base en Casas *et al.* 1997a, Pimienta-Barrios y Nobel, 1994, Luna, 1999 y Casas y Barbera, 2002).

apreciarse en caracteres que, de acuerdo con la información etnobotánica, constituyen blancos de la selección artificial. Para probar tal hipótesis, los autores señalados compararon la morfología de individuos silvestres no manejados con los de poblaciones bajo manejo *in situ* y cultivo, en dos regiones vecinas y con diferencias ambientales: el Valle de Tehuacán y La Mixteca Baja (Figura 2), esto último, con el fin de analizar en qué medida los patrones de variación se asocian con las diferencias ambientales de ambas regiones.

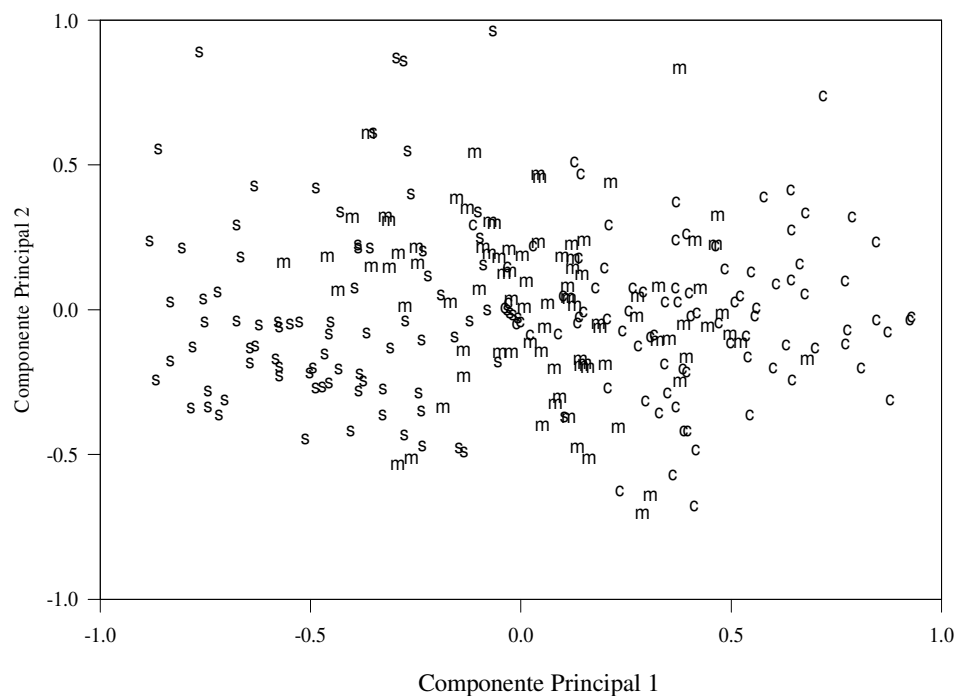
Mediante análisis de componentes principales y análisis de conglomerados, los autores mencionados examinaron las similitudes morfológicas dentro y entre poblaciones, de acuerdo con su tipo de manejo (se analizaron al menos tres poblaciones por cada tipo de manejo en cada especie y en cada región). Los individuos se distribuyeron en gradientes continuos de similitud (Figura 3), pero a lo largo de eje del componente principal 1, la mayor parte de los individuos silvestres ocupan el lado izquierdo de la gráfica, mientras que la mayor parte de los cultivados se ubican en el lado derecho, y los de las poblaciones manejadas *in situ* predominan en la porción central de las gráficas, junto con algunos individuos silvestres y cultivados mezclados. Los caracteres más significativos en estos patrones de clasificación fueron en general el tamaño del fruto, la cantidad de pulpa, y el número y peso de las semillas, con valores positivos, así como la densidad de espinas y grosor de la cáscara de los frutos, con valores negativos. Los individuos cultivados tienen, entonces, los frutos más grandes y con menos

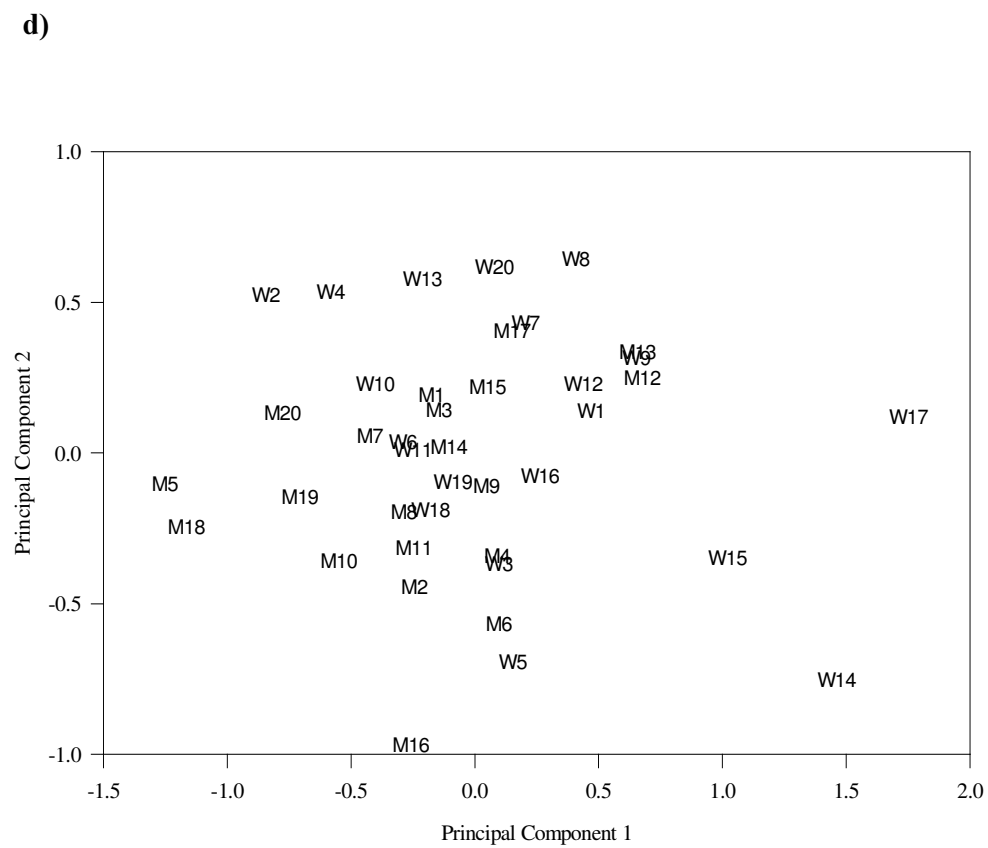
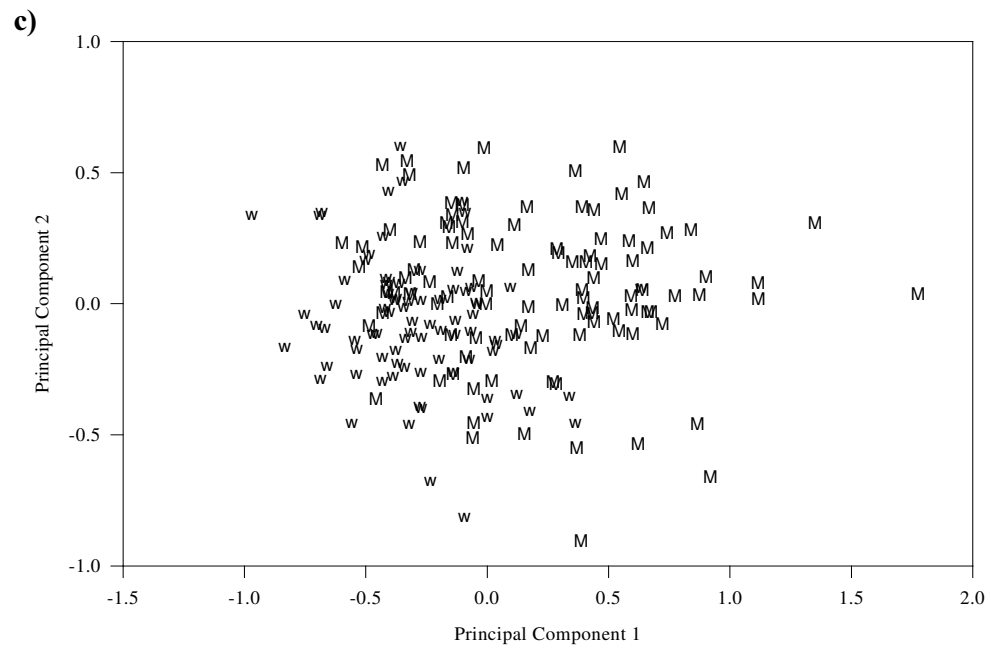
Figura 3. Análisis de componentes principales de la variación morfológica entre individuos de cactáceas columnares provenientes de poblaciones bajo distinto tipo de manejo. (a) *Stenocereus stellatus*; (b) *Polaskia chichipe*; (c) *Escontria chiotilla*; (d) *P. chende*. (s = silvestres; m = manejados *in situ*; c = cultivados) (con base en Casas *et al.*, 1999a; Arellano y Casas, 2002; Cruz y Casas, 2002; Carmona y Casas, en prensa).

a)



b)





espinas, la cáscara más delgada y las semillas más numerosas y más pesadas. De acuerdo con análisis de varianza múltiple, efectuados en *S. stellatus* y *P. chichipe*, las diferencias morfológicas entre los grupos de poblaciones definidos de acuerdo con su manejo y región de origen, son significativas (véase Casas *et al.* 1999a y Carmona y Casas, en prensa). Análisis de varianza de una vía demostraron que los caracteres morfológicos, tanto vegetativos como reproductivos, son significativamente distintos entre regiones; pero dentro de cada región, existen diferencias morfológicas significativas entre poblaciones con distinta forma de manejo. El número y dimensiones de partes vegetativas, frutos y semillas, fueron superiores en La Mixteca, mientras que la densidad de espinas en los frutos fue mayor en Tehuacán. No obstante, dentro de cada región las diferencias entre tipos de manejo se refieren principalmente a caracteres de los frutos. Conforme el manejo es más intenso, las plantas presentaron frutos más largos con mayor proporción de pulpa, semillas más numerosas y más pesadas, menor número de espinas por cm², cáscara más delgada, una mayor proporción de individuos produce frutos con cáscara verde y pulpa dulce con otros colores, además del rojo, que es característico de los frutos silvestres en la región.

Estos estudios han mostrado que en general hay diferencias morfológicas significativas entre poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas, y que los caracteres más relevantes para clasificar grupos de individuos y poblaciones son aquellos que constituyen blancos de la selección artificial. Los resultados parecen confirmar la hipótesis de que el manejo humano ha influido significativamente una divergencia morfológica tanto de poblaciones manejadas *in situ* como cultivadas, con respecto a las poblaciones silvestres de las especies (Casas *et al.*, 1997a). Aunque los fenotipos de poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas se originaron a partir de poblaciones silvestres, algunos fenotipos cultivados son raros o no observados en condiciones silvestres. Este es particularmente el caso de individuos con frutos de mayor tamaño y pulpa de colores distintos al rojo. Solo el 2.3% de los individuos muestreados en poblaciones silvestres presentaron frutos con pulpa rosada y amarilla, y otros colores (morado, anaranjado y blanco) no se observaron en condiciones silvestres, mientras que cerca del 42% de los individuos muestreados en poblaciones cultivadas presentaron estos fenotipos. Es claro que el éxito de estos fenotipos es bajo en condiciones silvestres y alto bajo protección humana. En otras palabras, la domesticación de estas cactáceas columnares parece haber operado mediante la protección y promoción de individuos con características favorables a los humanos, pero que son escasos en condiciones silvestres.

La variación morfológica de las cactáceas columnares analizadas parecen estar influenciadas por las condiciones ambientales. La diferencia ambiental más clara entre las regiones estudiadas es la precipitación pluvial anual, que en la Mixteca es de 720.5 a 763.7 mm, mientras que en Tehuacán es de entre 440.6 y 590.0 mm, y este factor podría tener un efecto crucial en la diferenciación de poblaciones.

En el caso de *S. pruinosus*, Luna (1999) analizó comparativamente la morfología de poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas, encontrando diferencias significativas en las características de los frutos entre formas de manejo (peso promedio de frutos: silvestres 38.3 g; manejados *in situ* 69.5 g; cultivados 187.53 g). Como en el caso de *S. stellatus*, Luna (1999) encontró importantes diferencias también en el tamaño y número de semillas (de mayor tamaño y más abundantes en las variantes cultivadas). En el caso de *S. queretaroensis*, Pimienta-Barrios y Nobel (1984) reportan diferencias significativas en el peso de los frutos de los cactus silvestres (60-90 g) comparados con los de los cultivados (más de 130 g). Otra comparación la efectuaron Rebollar *et al.* (1997) con *Stenocereus fricii*, quienes encontraron que el peso de los frutos en condiciones silvestres es extremadamente variable (de 60 a 200 g), mientras que en las variantes cultivadas el peso es de entre 141 y 307 g.

Los estudios también han incluido un análisis comparativo de la biología reproductiva en poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas. El propósito de estos estudios es analizar si ésta ha sido modificada por la domesticación y si tales modificaciones determinan barreras al flujo de genes entre las poblaciones y entender así los mecanismos biológicos que permiten el mantenimiento de las divergencias morfológicas encontradas en los estudios referidos anteriormente. Los estudios muestran que en *S. stellatus* y *S. pruinosus* la antesis es nocturna y los polinizadores son murciélagos (*Leptonycteris curasoe* y *L. nivalis*, principalmente) (Casas *et al.*, 1999b). Con los murciélagos como polinizadores se espera que exista un marcado movimiento de polen entre poblaciones, ya que estos animales, de acuerdo con Sahley *et al.* (1993) son capaces de volar entre 30 y 100 km en una noche para alimentarse de néctar y frutos de cactus columnares. El aislamiento por distancia, dentro de cada región, entre poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas es entonces improbable, ya que las distancias entre las poblaciones estudiadas es del orden de no más de 10 km. Adicionalmente, nuestros estudios fenológicos han encontrado que la floración en todas las poblaciones tiene un traslape de al menos 75 días, indicando que las barreras temporales también son improbables.

En el caso de *Escontria chiotilla* y *Polaskia* spp., la antesis es diurna y los polinizadores son principalmente las abejas *Xylocopa mexicanorum* y *Apis mellifera*, así como los colibríes *Amazilia violiceps*, *Cinanthus sordidus* y *C. latirostris*. En estos casos, al igual que en los anteriores, las distancias entre poblaciones se encuentran dentro de los radios en que pueden moverse los polinizadores, y además hay traslapes en los periodos de floración, por lo que el aislamiento espacial y temporal es improbable. Sin embargo, en el caso de *Polaskia chichipe*, Otero *et al.* (en prensa) han documentado que existe un desplazamiento temporal en los picos de floración entre poblaciones con diferente manejo. La silvestres tienen su pico de floración en febrero, las manejadas *in situ* en marzo y las cultivadas en abril. Además, cuando se presenta el pico de floración en las cultivadas, la floración ha terminado en las silvestres. Estas observaciones sugieren que existen barreras temporales parciales al flujo de polen en esta especie.

En todos los casos estudiados, el sistema reproductivo ha sido autoincompatible; es decir, la producción de frutos requiere un cruzamiento forzoso entre individuos genéticamente distintos. Esta es una característica muy común en cactáceas columnares. Sin embargo, Otero *et al.* (2002) encontraron que *Polaskia chichipe* presenta autocompatibilidad y que aproximadamente el 12% de individuos de poblaciones silvestres tienen este sistema reproductivo. Sin embargo, en las poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas, los individuos autocompatibles son entre el 24 y el 27%. Lo que sugiere que el manejo humano ha favorecido a los individuos con tal sistema reproductivo. Esta selección parece relacionarse con la productividad de los individuos autocompatibles, pues independientemente de la presencia de los polinizadores, o de las fluctuaciones en el tamaño de sus poblaciones, mantienen la producción de frutos. Al mismo tiempo, la autocompatibilidad contribuye parcialmente al aislamiento reproductivo entre poblaciones bajo diferente tipo de manejo. Es importante señalar además que tanto en *S. stellatus* como en *P. chichipe* hemos encontrado distintos grados de afinidad en la cruce entre individuos silvestres y manipulados. Esto es, los individuos silvestres se cruzan mejor con los silvestres y los manipulados con los manipulados. Ello contribuye también al aislamiento parcial entre poblaciones bajo distinto manejo (véase Casas *et al.*, 1999b; Otero *et al.*, en prensa).

Otro factor que pudiera determinar aislamiento reproductivo entre poblaciones con diferente manejo sería una capacidad diferencial de germinación y sobrevivencia de plántulas derivadas de individuos cultivados bajo condiciones silvestres. Hasta el momento hemos avanzado en el estudio del comportamiento germinativo de *S. stellatus* y *P. chichipe* (véase Rojas-Aréchiga, Casas y Vázquez-Yanes, 2001; Otero *et al.*, 2002). En ambos casos se ha documentado que las semillas derivadas de individuos cultivados germinan en mayor porcentaje y con mayor rapidez. Estos resultados indican que la domesticación ha determinado consecuencias en el comportamiento germinativo de las semillas, pero aún no nos permiten concluir acerca del papel de tales diferencias en el establecimiento de barreras reproductivas. Hace falta aún efectuar experimentos sobre el éxito en el establecimiento de plántulas de origen cultivado en condiciones silvestres y viceversa.

El caso de *Opuntia*

Es ampliamente reconocido que *Opuntia ficus-indica*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. robusta* var. *larreyi* y *O. joconostle* son las especies de este género que se cultivan más comúnmente (Bravo-Hollis, 1978). Sin embargo, en un estudio efectuado en la región del Bajío, en el estado de Guanajuato, Colunga, Hernández-Xolocotzi y Castillo (1986) encontraron que las especies de *Opuntia* se encuentran sujetas a un amplio espectro de interacciones, similares a las descritas anteriormente para las cactáceas columnares. Estos autores documentaron que en esa área la gente utiliza 16 especies de *Opuntia*, principalmente por sus tallos (“**nopalitos**”) y frutos (“**xoconoztles**” y “**tunas**”) comestibles. De acuerdo con Colunga (1984), los productos comestibles de *Opuntia* son muy importantes en la economía campesina local, ya que son

particularmente abundantes antes de la estación de cosecha de maíz, cuando este grano básico es más escaso y entonces los nopales y frutos son consumidos como alimentos de emergencia, y debido a que su comercialización determina cerca del 20% de los ingresos monetarios anuales de la gente. Las interacciones incluyen la recolección, la tolerancia y la promoción o fomento *in situ* en áreas abiertas para la agricultura, así como el cultivo en campos agrícolas y solares y huertas tradicionales.

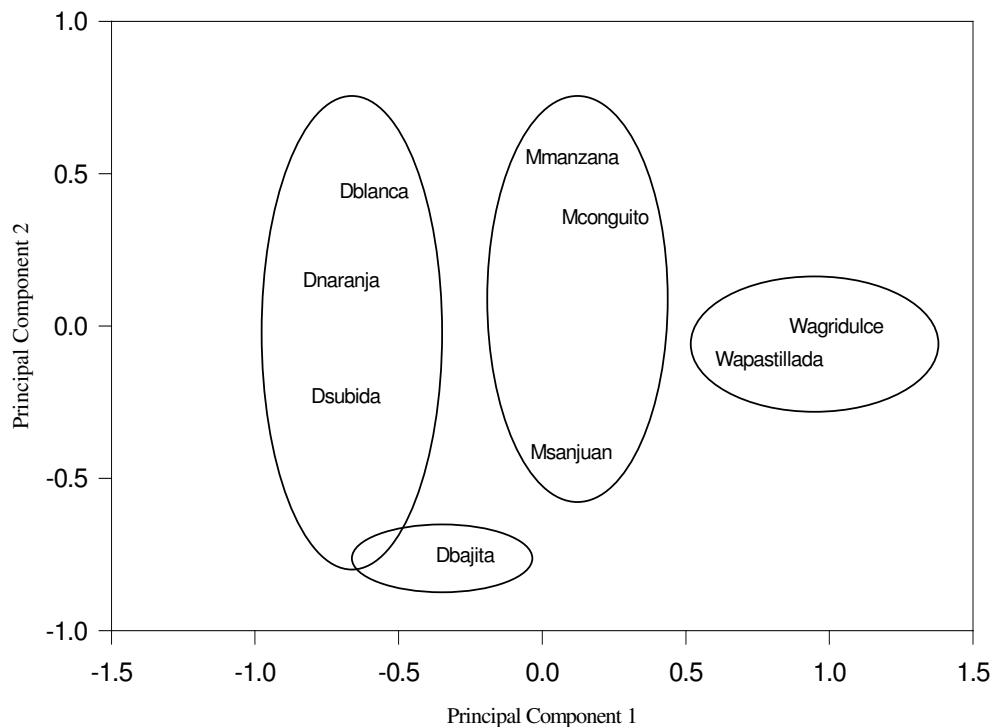
La base de la utilización y manejo diferencial de las especies de *Opuntia* y de poblaciones en particular, de acuerdo con Colunga (1984), es el reconocimiento de atributos específicos y de diferencias morfológicas entre las especies y entre variantes de una especie determinada. La autora documentó que la gente del área estudiada reconoce cerca de 70 variantes pertenecientes a 16 especies, las cuales son clasificadas en términos generales en variantes “mansas” y variantes “de monte”. Las “mansas” incluyen aquellas plantas cuyos productos comestibles tienen mayor calidad pero que tienen una marcada dependencia de los humanos para sobrevivir. Estas son, al parecer, variantes domesticadas reconocidas por la gente e incluyen 17 variantes de las especies *Opuntia megacantha*, *O. ficus-indica*, *O. crassa*, *O. undulata* y *O. robusta* var. *larreyi*. Las variantes “de monte” no dependen de los humanos para sobrevivir y son al parecer variantes silvestres o de carácter arvense. Dentro de las variantes “de monte” se incluyen plantas que producen frutos con cáscara gruesa y agria, los “**xoconoztles**” (incluyendo variantes de *Opuntia joconostle* y de *O. lasiacantha*), y otras que producen frutos con cáscara delgada y pulpa agria, las “**jocotunas**”, que se consumen enteras como verdura (incluyendo variantes de *Opuntia* aff. *leucotricha* y de *O. streptacantha*), así como otras que producen frutos con cáscara delgada y pulpa dulce, las “**tunas**”. Entre las características consideradas por la gente para clasificar las variantes de *Opuntia* y para seleccionar a los fenotipos para un manejo diferencial, las más significativas son el sabor, color, grosor y dureza de la cáscara, forma y tamaño de los frutos y cladodios, la cantidad de espinas en frutos y cladodios.

Colunga (1984) evaluó la variación morfológica y las tendencias de la domesticación de las especies y variantes mencionadas bajo diferentes formas de interacción. Desarrolló análisis estadísticos multivariados con el fin de explorar patrones de similitud morfológica entre variantes. Tales análisis consistentemente separaron a las variantes “manso” y “de monte”. La autora encontró que cerca de 34 variantes “de monte” de las especies *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. hyptiacantha*, *O. tomentosa*, *O. jaliscana*, *O. velutina*, *O. fuliginosa*, *O. lasiacantha*, *O. joconostle* y *O. atropes* son manejadas *in situ* y que presentan una variación morfológica intermedia entre las variantes “manso” y las “de monte”. Estos resultados sugieren que la selección artificial ha ocasionado una divergencia morfológica entre las variantes silvestres y domesticadas, pero también entre las variantes silvestres y las manejadas *in situ*. Los caracteres con mayor significancia para definir estos grupos fueron aquellos relacionados con las dimensiones de los frutos y cladodios, así como la densidad de areolas en frutos y cladodios, la forma

del fruto y la semilla y el número y peso de las semillas (véase Colunga, Hernández-Xolocotzi y Castillo, 1986 para mayores detalles).

De las especies estudiadas por Colunga (1984), *O. megacantha* es el único taxón de la región que presenta variantes silvestres, manejadas *in situ* y domesticadas/cultivadas. Con base en los datos morfológicos generados por esa autora, en este trabajo hicimos un análisis de componentes principales con las variantes silvestres “agridulce” y “apastillada silvestre”, con las manejadas *in situ* “conguito”, “manzana con espinas”, y “sanjuaneña”, así como con las domesticadas/cultivadas “amarilla con espinas”, “anaranjada”, “apastillada bajita”, “apastillada subida” y “tuna blanca” de la especie referida. En la gráfica de la Figura 4, los tres tipos de variantes de la misma especie se agruparon claramente en tres grupos discretos de acuerdo con sus estatus de manejo, lo que resulta consistente con los resultados generales obtenidos por Colunga (1984) al analizar las 70 variantes de 16 especies y muy similar a lo encontrado entre las cactáceas columnares.

Figura 4. Análisis de componentes principales de la variación morfológica entre variantes de *Opuntia megacantha* de la región de El Bajío. Las variantes con el prefijo W son silvestres, las que tienen el prefijo M son manejadas *in situ*, y las que tienen el prefijo D son domesticadas/cultivadas (con base en datos obtenidos por Colunga, 1984).



Conclusiones y Perspectivas

Aunque un espectro amplio de especies de cactáceas podrían haber sido cruciales en la subsistencia de los pueblos mesoamericanos durante un largo periodo, solo unas cuantas especies se han registrado en las excavaciones arqueológicas, y existe aún incertidumbre acerca de la forma en que fueron usadas y manejadas. La conjunción de estudios arqueológicos y botánicos parecen ser una ruta promisoría para aclarar estos aspectos.

La información etnobotánica indica que en el presente los pueblos mesoamericanos usan y manejan un considerable número de especies de cactáceas. También indican que la gente toma decisiones sobre cómo manipular a estas plantas de acuerdo con la calidad de sus productos y de acuerdo con el papel que juegan en la subsistencia. De este modo, las especies y variantes cultivadas o manejadas *in situ* son generalmente aquellas con las características más útiles de sus frutos y también de sus tallos, en el caso de *Opuntia*. Sin embargo, como encontraron Casas *et al.* (1997a) para el caso de *S. stellatus*, el cultivo es particularmente intensivo en aquellas áreas en donde la comercialización de frutos o su consumo por las unidades familiares hace necesario producir más y mejores frutos. La disponibilidad de recursos también parece ser crucial. Casas *et al.* (1997a), por ejemplo, encontraron que *S. stellatus* se cultiva intensamente en lugares en donde las poblaciones silvestres son escasas, pero no en donde son abundantes. La viabilidad y facilidad de manipulación también parece ser significativa. Aunque especies “gigantes” como *Neobuxbaumia tetezo*, *N. mezcalaensis*, *Mitrocereus fulviceps* y *Pachycereus weberi*, entre otras, producen frutos de muy buena calidad, y las cactáceas abarriladas determinan productos económicamente importantes (Cuadro 2), no se cultivan debido a que su lento crecimiento hace poco atractivo invertir esfuerzos de plantar semillas y cuidar plántulas y plantas juveniles sin obtener una retribución por décadas. El lento crecimiento puede no ser relevante para tomar decisiones en cuanto al manejo de poblaciones silvestres de estas especies *in situ*, pues bajo esta forma de manejo la gente simplemente tolera la presencia de algunas plantas durante los aclareos de vegetación. Sin embargo, el efecto de la selección artificial favoreciendo fenotipos particulares de estas especies *in situ* podría ser imperceptible dadas las dificultades que tiene la gente para aumentar la frecuencia de los fenotipos deseables por propagación intencional directa. Además, cuando se siembran semillas que derivan de fenotipos deseables, la varianza genética aditiva de los rasgos deseables hace incierto que los fenotipos seleccionados sean aquellos que se expresen en la progenie. En contraste, la fijación de caracteres deseables es relativamente fácil en especies con propagación vegetativa tales como *S. stellatus*, *S. pruinosus* o *S. queretaroensis* y *Opuntia*.

La selección artificial se lleva a cabo aparentemente identificando primeramente los individuos deseables y posteriormente aumentando su disponibilidad mediante propagación vegetativa, pero también a través de dejar en pie y proteger las formas deseables. Esta información sugiere que la selección artificial es un

proceso actual o potencial que puede aplicarse a plantas de fácil manejo tales como *Stenocereus griseus*, *S. stellatus*, *S. pruinosus*, *S. queretaroensis* y *S. fricii* como se ha documentado por Casas *et al.* (1997a, 1999a), Casas, Caballero y Valiente-Banuet (1999), Pimienta-Barrios y Nobel (1994), y Rebollar *et al.* (1997), así como en *Opuntia megacantha*, *O. ficus-indica*, *O. crassa*, *O. undulate* y *O. robusta* var. *larreyi*, como lo documentó Colunga (1984), y probablemente en *O. joconostle*, como lo sugiere Bravo-Hollis (1978). Pero la selección artificial parece ser significativa en especies que son intensamente manejadas *in situ* y que presentan una importante variación morfológica en caracteres que son blanco de la selección artificial, tales como *Escontria chiotilla*, *Polaskia chichipe* y *P. chende*, como lo han documentado Arellano y Casas (2002), Cruz y Casas (2002), Carmona y Casas (en prensa) y Otero *et al.* (en prensa). Este podría ser también el caso de *Myrtillocactus geometrizans*, *M. schenki*, *Pachycereus hollianus* y *P. marginatus* (Casas, Caballero y Valiente-Banuet, 1999), así como algunas variantes de *Opuntia streptacantha*, *O. megacantha*, *O. hyptiacantha*, *O. tomentosa*, *O. jaliscana*, *O. velutina*, *O. fuliginosa*, *O. joconostle*, *O. lasiacantha* y *O. atropes* (véase Colunga, 1984). Los estudios de caso desarrollados hasta ahora proporcionan modelos de selección artificial *in situ* y *ex situ* que ayudan a analizar los patrones de domesticación de estos grupos de especies y quizás de otras plantas mesoamericanas, y constituye una hipótesis de trabajo para probar en futuras investigaciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Javier Caballero y a la Biól. Laura Cortés por las facilidades para consultar el Banco de Información Etnobotánica de Plantas Mexicanas del Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM, y a la DGAPA-UNAM por el apoyo financiero al proyecto IN224799.

Referencias Bibliográficas

1. **Alcorn, J.** 1984. *Huastec Mayan Ethnobotany*. Texas University Press. Austin.
2. **Arellano, E. y A. Casas.** 2002. Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49(5):
3. **Arias, S., S. Gama, y U. Guzmán.** 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14 Cactaceae*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
4. **Barrera, A.; A. V. Barrera y R. M. López Franco.** 1976. *Nomenclatura etnobotánica Maya. Una interpretación taxonómica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
5. **Berlin, B.; D. E. Breedlove y P. H. Raven.** 1973. *Principles of Tzeltal plant classification*. Academic Press. New York.
6. **Bravo-Hollis, H.** 1978. *Las cactáceas de México*. Volumen I. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

7. **Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada.** 1991. *Las cactáceas de México*. Vols. II y III, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
8. **Bye, R. A.** 1993. The role of humans in the diversification of plants in Mexico. In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa (Eds.). *Biological diversity of Mexico*. Oxford University Press, New York: pp. 707-731.
9. **Caballero, J.** 1992. The Maya homegardens of the Yucatán peninsula: past, present and future. *Etnoecologica* 1: 35-54.
10. **Callen, E. O.** 1967. Analysis of the Tehuacán coprolites. In *Prehistory of the Tehuacan Valley, Volume one. Environment and subsistence*, ed. D.S. Byers, pp. 261-289. The University of Texas Press. Austin.
11. **Carmona, A. y A. Casas.** (En prensa). Management and domestication of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Forest Ecology and Management*
12. **Casas, A. y Caballero, J.** 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Moc. et Sessé ex A.DC.) Benth. (Leguminosae: Mimosoideae) in the Mixtec region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany* 50:167-181.
13. **Casas, A.; Vázquez, M.C.; Viveros, J.L. y Caballero, J.** 1996. Plant management among the Nahuatl and the Mixtec from the Balsas River Basin: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24: 455-478.
14. **Casas, A.; B. Pickersgill, J. Caballero y A. Valiente-Banuet** 1997a. Ethnobotany and the process of domestication of the xoconochtli *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, Mexico. *Economic Botany* 51: 279-292.
15. **Casas, A.; J. Caballero, C. Mapes y S. Zárate.** 1997b. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 61: 31-47.
16. **Casas, A., J. Caballero, A. Valiente-Banuet, J. A. Soriano y P. Dávila.** 1999a Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in central Mexico. *American Journal of Botany* 86(4): 522-533.
17. **Casas, A., A. Valiente-Banuet, A. Rojas-Martínez y P. Dávila.** 1999b. Reproductive biology and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in central Mexico. *American Journal of Botany* 86(4): 534-542.
18. **Casas, A., J. Caballero y A. Valiente-Banuet** 1999. Use, management and domestication of columnar cacti in south-central Mexico: a historical perspective. *Journal of Ethnobiology* 19(1): 71-95
19. **Casas, A.; A. Valiente-Banuet; J.L. Viveros; J. Caballero; L. Cortés; P. Dávila; R. Lira y I. Rodríguez.** 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany*.
20. **Casas, A. y G. Barbera.** 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. In: P. Nobel (Ed.), *Cacti: biology and use*. University of California Press, Los Angeles: 143-162.
21. **Colunga, P.** 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en El Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

22. **Colunga, P., E. Hernández-Xolocotzi y A. Castillo.** 1986. Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grado de domesticación de *Opuntia* spp. en El Bajío Guanajuatense, *Agrociencia* 65: 7-44.
23. **Cruz, M. y A. Casas.** 2002. Morphological variation and reproductive biology of *Polaskia chende* (Cactaceae) under domestication in Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 51: 561-576.
24. **Darwin, Ch.** 1868. *The variation of Plants and Animals under Domestication*. John Murray, Londres.
25. **De la Cruz, M. y J. Badiano.** 1964. Libellus de medicinalibus Indorum herbis. *Codees Barberini*. Instituto Mexicano del Seguro Social, México.
26. **Del Castillo, R. y S. Trujillo.** 1991 Ethnobotany of *Ferocactus hystrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the semiarid Central Mexico: past, present and future. *Economic Botany* 45 (4): 495-502.
27. **Dressler, R.** 1953. The pre-Columbian cultivated plants of Mexico. *Botanical Museum Leaflets* 16, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
28. **Estrada, E. I. J.** 1989. El Códice Florentino, su información etnobotánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
29. **Flannery, K. V.** (Ed.) 1986. *Guilá Naquitz*. Academic Press, New York.
30. **Felger, R. y M. Moser.** 1983. *People of the desert and sea. Ethnobotany of the Seri Indians*. University of Arizona Press.
31. **Harlan, J. R.** 1975. *Crops and Man*. Foundation for modern crop science series. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
32. **Harlan, J. R.** 1992 Origins and process of domestication. In: G. P. Chapman (Ed.) *Grass evolution and domestication*. Cambridge University Press. Cambridge: pp. 159-175.
33. **Hernández, F.** 1959. *Historia Natural de Nueva España*. 7 volumes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
34. **Luna, C.** 1999. *Etnobotánica de la pitaya Mixteca (Pachycereae)*. Ph.D. Dissertation. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
35. **MacNeish, R. S.** 1967. A summary of the subsistence. In *The prehistory of the Tehuacán Valley*, ed. D. S. Byers, 290-231. University of Texas Press. Austin, Texas.
36. **Martínez, M.** 1993. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México.
37. **Matos, E.** 1994. Mesoamérica. In: L. Manzanilla and L. López-Luján (Eds.). *Historia antigua de México. Volumen I. El México antiguo, sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia/Universidad Nacional Autónoma de México/Porrúa, México: pp. 49-73.
38. **Otero-Arnaiz, A.; A. Casas; M. C. Bartolo, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet.** (En prensa). Evolutionary trends in *Polaskia chichipe* (Cactaceae) under domestication in the Tehuacán Valley, Central Mexico. II. Reproductive biology. *American Journal of Botany*
39. **Oviedo y Valdés, Gonzalo Fernández De.** 1535. *La historia general y natural de las Indias*. Madrid.
40. **Pennington, C.** 1963. *The Tarahumara of Mexico: the environment and the material culture*. University of Utah Press. Utah.

41. **Pimienta-Barrios, E. y P. S. Nobel**, 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): an ancient and modern fruit crop of Mexico. *Economic Botany* 48: 76-83.
42. **Rebollar, A.; J. Romero; P. Cruz y H. Zepeda**, 1997. *El cultivo de la pitaya (Stenocereus spp.), una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán*. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Occidente.
43. **Rojas-Aréchiga, M., A. Casas y C. Vázquez-Yanes**, 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments* 49: 279-287.
44. **Sahagún, B.** 1970. *El manuscrito 218-20 de la colección palatina de la Biblioteca Medica Laurenziana. Códice Florentino*. Gobierno de la República Mexicana, México.
45. **Sahagún, B.** 1985. *Historia general de las cosas de Nueva España*. Porrúa, México.
46. **Sahley, C. T., M. A. Horner y T.H. Fleming**, 1993. Flight speeds and mechanical power outputs of the nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* (Phyllostomidae: Glossophaginae). *Journal of Mammalogy* 74: 594-600.
47. **Sánchez-Mejorada, H.** 1982. *Las cactáceas de México*. Secretaría de Desarrollo Agropecuariodel Gobierno del Estado de México. Toluca, México.
48. **Smith, C. E.** 1967. Plant remains. In *The prehistory of the Tehuacán Valley*, ed. S. Byers. 220-225. University of Texas Press, Austin.
49. **Smith, C. E.** 1986. Preceramic plant remains from Guilá Naquitz. In *Guilá Naquitz*, de K.V. Flannery. 265-274. Academic Press, New York.
50. **Smith, B. D.** 1997. The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. *Science* 276: 932-934.
51. **Toledo, V. M. y M. J. Ordóñez**, 1993. The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats. In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa (Eds.). *Biological diversity of Mexico*. Oxford University Press, New York: pp. 757-777.
52. **Valiente-Banuet, A. A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M. C. Arizmendi, J. L. Villaseñor y J. Ortega**, 2000. La vegetación del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67: 25-74.

Cuadro 1. Restos arqueológicos de cactáceas encontrados en cuevas del Valle de Tehuacán, Puebla (X) y de Guilá Naquitz, Oaxaca (*) en el centro de México (con base en MacNeish, 1967 y Smith, 1967, 1986)

Fase	Ajuereado	El Riego	Coxcatlán	Abejas	Purrón	Ajalpan	Sta. María	Palo Blanco	Venta Salada
Fecha (años A.P)	14 000- 8 800	8 800- 7 000	7 000- 5 400	5 400- 4 300	4 300- 3 500	3 500- 2 800	2 800- 2 150	2 150- 1 300	1 300- 500
<i>Cephalocereus columna.trajani</i>		X	X			X	X		
<i>Echinocactus platyacanthus</i>		X						X	
<i>Escontria chiotilla</i>			X					X	
<i>Ferocactus flavovirens</i>								X	X
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>		X	X						X
<i>Opuntia</i> spp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pachycereus hollianus</i>		X	X	X					
<i>Pachycereus weberi</i>		X	X	X			X	X	
<i>Stenocereus stellatus</i>				X				X	

Cuadro 2. Especies de cactáceas de la Mesoamérica mexicana. Usos: 1 = frutos comestibles (*calidad regular, **Buena calidad); 2 = forraje; 3 = bebidas alcohólicas; 4 = semillas comestibles; 5 = flores y tallos comestibles; 6 = construcción; 7 = cercas vivas; 8 = medicinales 9 = ornamentales; 10 = adhesivos; 11 = leña. Hábitos: Op. = *Opuntia*-habit; Epif = epífita; Esf. = esféricas; Col.G = cactáceas columnares gigantes; Col. P=cactáceas columnares pequeñas; Bar = cactáceas abarriladas; Arb = cactáceas arbustivas Estatus cultural: S = silvestre; M = manejada *in situ*; C = cultivada.

Especie	Uso	Hábito	Estatus	Distribución en Mesoamérica	Referencias
<i>Acanthocereus pentagonus</i>	1**, 5, 7, 8	Arb.	S	Ver, Chis, Yuc, Oax	Caballero (1992)
<i>A. subinermis</i>	5, 7	Arb.	S, C	Oax, Ver	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>Aporocactus flagelliformis</i>	8, 9	Arb.	C	General	Bravo-Hollis (1978)
<i>Backebergia militaris</i>	1, 2,	Col.G	S	Gro, Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Cephalocereus apicicephalum</i>	1, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. chrysacanthus</i>	1*, 2	Col.G	S	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. collinsii</i>	1*, 2	Col.P	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. columna-trajani</i>	1*, 2, 6	Col.G	S	Pue	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. guerreronis</i>	1, 2	Col.P	S	Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. nizandensis</i>	1, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. palmeri</i> var. <i>sartorianus</i>	1*, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. purpusii</i>	1, 2	Col.P	S	Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. quadricentralis</i>	1, 2	Col.P	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>C. senilis</i>	9	Col.G	S-C	Hgo., Ver	Bravo-Hollis (1978)
<i>C. totolapensis</i>	1, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Coryphanta radians</i>	2, 5	Esf.	S	Hgo, Qro, Oax, Gto	Pennington (1963); Bravo-Hollis (1978)
<i>C. pallida</i>	2, 9	Esf.	S	Pue, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>E. platyacanthus</i>	5	Bar.	S-M	Pue, Oax, Hgo, Qro, Gto	Casas <i>et al.</i> (2001); Del Castillo and Trujillo (1991)

Especie	Usos	Hábito	Estatus	Distribución en Mesoamérica	Referencias
<i>Echinocereus cinerascens</i>	1, 8	Arb.	S	Mex, Hgo, Qro, Gto, D.F.	Sánchez Mejorada (1982)
<i>E. pulchellus</i>	5	Arb.	S	Pue, Hgo	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>Escontria chiotilla</i>	1**, 2, 3, 4, 5, 7, 11	Col.P	S-M	Pue, Oax, Gro, Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Ferocactus flavovirens</i>	2	Esf.	S	Pue, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>F. haematacanthus</i>	1, 2	Esf.	S	Pue, Ver.	Casas <i>et al.</i> (2001); Bravo-Hollis (1978)
<i>F. histrix</i>	1, 5	Bar	S	Pue, Hgo, Qro, Gto,	Del Castillo and Trujillo (1991).
<i>F. latispinus</i>	1, 2, 5, 9	Esf.	S	Mex, Hgo, Qro, D.F., Pue, Oax	Sánchez-Mejorada (1982), Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>F. macrodiscus</i>	1, 5	Esf.	S	Gto, Qro, Pue, Oax	Pennington (1963), Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>F. recurvus</i>	5	Bar	S	Pue, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001), Bravo-Hollis (1978)
<i>F. robustus</i>	2	Esf.	S	Pue, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>Heliocereus cinnabarinus</i>	1	Epif.	S-M	Chis	Berlin B. <i>et al</i> (1973)
<i>H. elegantissimus</i>	1, 8, 9	Epif.	S-M-C	Mex, Mor, Oax	Guerra (1986), Cedillo (1990)
<i>H. speciosus</i>	8, 9	Epif.	S-C	Mex	Bravo-Hollis (1978)
<i>H. schrankii</i>	9	Epif.	S-C	Oax, Pue, Hgo	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>Hylocereus ocamponis</i>	1*	Epif.	S	Col, Mich	Observation of the authors
<i>H. purpusii</i>	1	Epif.	S-C	Pue, Oax, Nay, Jal, Col, Mich	Casas <i>et al.</i> (2001), Bravo-Hollis (1978)
<i>H. stenopterus</i>	1*	Epif.	S	Oax	Bravo-Hollis (1978)
<i>H. undatus</i>	1**, 9	Epif.	C	General	Martínez (1993)
<i>Lophophora williamsii</i>	8	Esf.	S	Zac, S.L.P.	Pennington (1963) Martínez (1993)
<i>Mammillaria carnea</i>	1, 2	Esf.	S	Pue, Oax, Hgo, Gro.	Casas <i>et al.</i> (2001), Bravo-Hollis (1978)
<i>M. collina</i>	9	Esf.	S-C	Pue, Oax, Ver	Casas <i>et al.</i> (2001); Bravo-Hollis (1978)
<i>M. discolor</i>	5	Esf.	S	Pue, Ver	Bravo-Hollis (1978)
<i>M. haageana</i>	5, 9	Esf.	S-C	Pue, Ver, Oax	Pennington C. (1963), Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>M. magnimamma</i>	1**	Esf.	S	Mex, Tlax, D.F., Pue, Ver, Mich	Bravo-Hollis (1978)
<i>Melocactus maxonii</i>	5	Esf.	S	Oax	Bravo-Hollis (1978)

Especie	Usos	Hábito	Estatus	Distribución en Mesoamérica	Referencias
<i>Melocactus ruestii</i>	5	Esf.	S	Oax, Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>Mitrocereus fulviceps</i>	1*, 2, 6	Col.G	S	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	1**, 2, 3, 5, 7	Col.P	S-M	Gro Oax, Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>M. schenkii</i>	1**, 2, 3, 5, 7	Col.P	S-M-C	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	1, 2, 6	Col.G	S	Pue	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>N. mezcalaensis</i>	1**, 2, 4, 5, 6	Col.G	S	Pue, Oax, Mor Mich, Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>N. multiareolata</i>	1, 2	Col.G	S	Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>N. scoparia</i>	1, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>N. tetetzo</i>	1**, 2, 4, 5, 6	Col.G	S	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Nopalea auberi</i>	5, 8, 9	Op.	S-C	Mor, general	Casas <i>et al.</i> (2001), Bravo-Hollis (1978)
<i>N. cochenillifera</i>	2, 5, 8	Op.	S-M-C	Oax, General	Pennington (1969) Bravo-Hollis (1978)
<i>N. dejecta</i>	2, 5	Op.	C	Ver, Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. escuintlensis</i>	1**	Op.	S	Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. lutea</i>	1**	Op.	S	Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. karwinskiana</i>	8	Op.	S	Mich, Gro, Oax	Martínez (1993), Bravo-Hollis (1978)
<i>Nopalxochia ackermanii</i>	9	Epif.	S-C	Ver, Oax	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. conzatitium</i>	9	Epif.	S-C	Oax	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. macdougallii</i>	9	Epif.	S-C	Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>N. phyllantoides</i>	9	Epif.	S-C	Pue, Ver	Bravo-Hollis (1978)
<i>Opuntia amyclaea</i>	1*, 9	Op.	C	General	Bravo-Hollis (1978)
<i>O. atropes</i>	1, 11	Op.	S-M	Gto, Mor, Mex, Mich, Gro	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. bensonii</i>	1**	Op.	S	Mich	Bravo-Hollis (1978)
<i>O. crassa</i>	1**, 11	Op.	C	Gto, D.F.	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. decumbens</i>	2, 5, 11	Op.	S	Pue, Gro, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>O. ficus-indica</i>	1**, 2, 5, 8, 10, 11	Op.	C	General	Colunga (1984); Bravo-Hollis (1978)

Especie	Usos	Hábito	Estatus	Distribución en Mesoamérica	Referencias
<i>O. fuliginosa</i>	1**, 11	Op.	S-M	Col, Gto, Mich	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. huajuapensis</i>	1, 2, 3, 5, 8, 9	Op.	S	Pue, Oax	Casas <i>et al.</i> (2001)
<i>O. hyptiacantha</i>	1**, 2, 11	Op.	S-M	Mex, D.F., Gto	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. imbricata</i>	1*, 2, 5, 8	Op.	S	D.F., Mex, Qro, Gto,	Sánchez Mejorada (1982)
<i>O. jaliscana</i>	1**, 11	Op.	S-M	Gto, Mich	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. joconostle</i>	1**, 11	Op.	S-M-C	Mex, Gto, Qro, Mich, D.F.	Martínez (1993)
<i>O. kleiniae</i>	7	Op.	C	Pue	Arias, Gama and Guzmán (1997)
<i>O. lasiacantha</i>	1*, 2, 9, 11	Op.	S-M-C	D.F., Mex, Pue, Oax, Gto	Bravo-Hollis (1978)
<i>O. leptocaulis</i>	1, 2, 5, 8	Op.	S	Hgo, Qro, Pue, Oax	Sánchez Mejorada (1982), Felger and Moser (1983)
<i>O. leucotricha</i>	1**, 2, 11	Op.	S-M	Hgo, Qro, Gto	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. megacantha</i>	1**, 11	Op.	S-M-C	Gto	Colunga (1984)
<i>O. nerpicolor</i>	1*, 5	Op.	S		Sánchez Mejorada (1982)
<i>O. pilifera</i>	1*, 2, 11	Op.	S-M	Pue, Oax,	Casas <i>et al.</i> (submitted), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. robusta</i>	1**, 2, 5, 11	Op.	S-M-C	Hgo, Qro, Gto, Mich,	Bravo-Hollis (1978), Colunga (1984)
<i>O. spinulifera</i>	1**	Op.	C	Mex	Bravo-Hollis (1978)
<i>O. stenopetala</i>	2, 8	Op.	S	Qro, Gto, Hgo	Sánchez Mejorada (1982)
<i>O. streptacantha</i>	1**, 2, 5, 3, 11	Op.	S-M-C	Hgo, Qro, Gto, Pue, Oax	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. tehuantepecana</i>	1*, 5, 8	Op.	S	Oax, Chis	Barrera <i>et al</i> (1976)
<i>O. tomentosa</i>	1**, 2, 5, 11	Op.	S-M-C	D.F., Mex,	Bravo-Hollis (1978)
<i>O. undulata</i>	1**, 11	Op.	C	General	Colunga (1984), Bravo-Hollis (1978)
<i>O. velutina</i>	1**, 8, 11	Op.	S-M	Mor, Pue, Gro, Oax	Bravo-Hollis (1978) Colunga (1984)
<i>Pachycereus grandis</i>	1**, 2, 4	Col.G	S	Mor, Mex, Pue	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>P. holianus</i>	1**, 2, 3, 4, 7	Col.P	S-M-C	Pue	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>P. marginatus</i>	1**, 2, 7, 8	Col.P	S-M-C	Pue, Oax, Mex	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>P. pecten-aboriginum</i>	1**, 2, 4, 6, 8, 11	Col.G	S-M	Mich, Gro, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)

Especie	Usos	Hábito	Estatus	Distribución en Mesoamérica	Referencias
<i>Pachycereus weberi</i>	1**, 2, 3, 4, 6, 11	Col.G	S-M	Pue, Oax, Gro, Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Peniocereus serpentinus</i>	9	Arb.	S-C	Pue	Arias, Gama, and Guzmán (1997)
<i>Pereskia grandiflora</i>	8	Arb.	C	S.L.P.	Alcorn (1984)
<i>P. lychnidiflora</i>	7	Arb.	S-C	Oax, Chis	Martínez (1993), Bravo-Hollis (1978)
<i>Pereskopsis aquosa</i>	1**, 5, 8	Arb.	S-C	Gto, Mor	Bravo-Hollis (1978)
<i>P. rotundifolia</i>	7, 8	Arb.	S-C	Mor, Gro, Oax, Chis, Pue	Arias, Gama, and Guzmán (1997)
<i>P. velutina</i>	7	Arb.	S-C	Qro	Bravo-Hollis (1978)
<i>Polaskia chende</i>	1**, 2, 4, 7, 11	Col.P	S-M	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>P. chichipe</i>	1**, 2, 4, 7, 11	Col.P	S-M-C	Pue, Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Rhipsalis baccifera</i>	1**, 2, 3, 4, 6	Col.G	S-M	Oax, Mor, Gro, Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Selenicereus donkelaarii</i>	8	Epif.	S	Yuc	Martínez (1993)
<i>S. grandiflorus</i>	1**, 2, 3, 4, 5, 7	Col.P	C	Pue, Oax, Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. spinulosus</i>	1**, 2, 3, 4, 6	Col.P	S-M-C	Pue, Gro Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>Stenocereus beneckeii</i>	1*, 2, 7	Col.P	S	Gro, Mor, Méx,	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. chacalapensis</i>	1**, 2	Col.G	S	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. chrysocarpus</i>	1**, 2	Col.G	S-M	Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. eichlamii</i>	1**	Col.P	S	Chis	Bravo-Hollis (1978)
<i>S. fricii</i>	1**, 2, 4, 7	Col.P	S-M-C	Mich, Jal, Col	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. montanus</i>	1*	Col.P	S	Col, Jal	Bravo-Hollis (1978)
<i>S. pruinosus</i>	1*, 2, 7, 11	Col.P	S-M-C	Pue, Oax, Ver	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. queretaroensis</i>	1**, 2, 7	Col.P	S-M-C	Mich	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. quevedonis</i>	1**, 2, 4, 7	Col.P	S-M-C	Mich, Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. stellatus</i>	1**, 2, 3, 4, 5, 7, 11	Col.P	S-M-C	Mor, Pue, Oax, Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. standleyi</i>	1**, 2, 4, 7	Col.S	S-M-C	Mich, Gro	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)
<i>S. treleasei</i>	1**, 2, 4, 7, 11	Col.P	S-M-C	Oax	Casas, Caballero & Valiente-Banuet (1999)

"El Niño" en el Perú: Viejos y Nuevos Temas

Eduardo Franco Temple¹

¹Programa de Desastres, ITDG – Oficina Regional para América Latina. Av. Jorge Chávez 275, Lima 18. Tels.: 511 4447055, 511 4467324, 511 4475127. Fax: 511 4466621. E-mail: eduardo@itdg.org.pe

Resumen

El artículo nos explica de una forma muy interesante la evolución del conocimiento respecto al Fenómeno de El Niño, cómo este evento ya es conocido en la antigüedad por los marineros piuranos, como empieza a ser estudiado posteriormente por los científicos relacionándolo a los diferentes cambios climatológicos y daños al ambiente cuando estos eventos sucedían. Asimismo, nos da una orientación respecto a cómo la sociedad puede organizarse con miras a manejar las posibles efectos que pueda producir El Niño.

Palabras clave: "El Niño", Piura.

Abstract

The article explains us in a very interesting manner, the evolution of the knowledge about the El Niño phenomenon, how this event was known by the old Piuranos sailors, how it was studied by the scientists, trying to connect it with the different climatological changes and damages. Also, the article gives us an understanding about how the society can manage the event in order to minimize the disaster.

Key words: : "El Niño", Piura.

Desde que aparecieron las primeras publicaciones científicas sobre El Niño –luego del evento de 1891– hasta hoy, parecieran haber cambiado muchas cosas. Pero no sabemos si afirmarlo en realidad. Hay, de hecho, nuevos temas en la literatura sobre El Niño, pero en verdad, no sabemos si ha cambiado su sentido. Algunas cosas parecen afirmarlo y otras no. De eso trata este artículo.

El impacto de cada evento en las investigaciones sobre El Niño

Las primeras publicaciones científicas sobre El Niño parecen haberse dado en el Perú a fines del siglo pasado, refiriéndose a la "Corriente del Niño", fenómeno anual que se produce en las costas norte del Perú y sur del Ecuador, consistente en la aparición de una corriente caliente proveniente del Pacífico Ecuatorial. "Camilo Carrillo (1892) – dice el biólogo y oceanógrafo Manuel Vegas Vélez (1989) – habla por primera vez en público de esta corriente, señalando que era muy conocida por los marinos paiteños"¹⁰. El capitán de navío peruano, Camilo Carrillo, decía en 1892:

"... los marinos paiteños que navegan frecuentemente cerca de la costa en embarcaciones pequeñas, conocen esta corriente y la denominan "Corriente del Niño", sin duda porque ella se hace más visible y palpable después de la Pascua de Navidad..." (Carrillo, 1892: citado en Vegas, 1983: 54; Glantz, 1996: 13; 1998: 11)¹¹

¹⁰ Paíta es una bahía y puerto pesquero en el norte del Perú, en el actual departamento de Piura, de mucha importancia desde la época prehispánica hasta la actualidad.

¹¹ La cita que hace Glantz (1996, 1998) es algo más amplia que la de Manuel Vegas (1983). Pero pareciera tratarse de la misma fuente. Dice la cita más amplia: "Los marineros peruanos desde el Puerto de Paíta al Norte del Perú, quienes frecuentemente navegaban a lo largo de la costa en pequeñas embarcaciones, ya fuera al norte o al sur de Paíta, nombraron a esta corriente El Niño, sin duda, debido

La literatura científica contemporánea sobre El Niño parece iniciarse a fines del siglo pasado, aparentemente motivadas por el evento de 1891 y referidas a esa corriente. A Carrillo deben sumársele otras publicaciones como las de Carranza, también en 1892, sobre la "Contracorriente marítima observada en Paita y Pacasmayo" en el norte del Perú (Carranza, 1982) y la del geógrafo peruano Pezet (1896) que –en un Congreso Geográfico Internacional realizado en Lima, Perú– sostenía:

"La existencia de esta contracorriente [El Niño] es un hecho conocido y lo que se desea ahora es que se emprendan estudios apropiados y definitivos, investigaciones y observaciones con el fin de llegar al fondo de esta interrogante y para descubrir todo lo referente a esta contracorriente y a la *influencia que pareciera ejercer en las regiones donde su acción se siente con mayor intensidad*. (Pezet, 1895, p. 605)" (Citado en Glantz, 1996: 3-4; 1998: 2-3) [las cursivas son nuestras].

"Una de las mayores influencias regionales que Pezet refirió –dice Glantz, en *Corrientes de Cambio* (1996: 4; 1998: 3)— fueron las severas lluvias que iban mucho más allá de las de una simple estación, lo que usualmente iba acompañado de eventos El Niño" [traducción nuestra]. Justamente sobre el régimen de lluvias en una parte del actual departamento de Piura, trata otra de las publicaciones importantes que le suceden a ese Niño de 1891: "Las lluvias en Piura" (Eguiguren, 1894a). Eguiguren es "el primero en establecer el cuadro de las lluvias de esa provincia, con una clasificación por intensidad y año a año durante un siglo (1791- 1890), [por lo que] se ha convertido en la referencia obligada para los que intentan determinar los ciclos del Fenómeno del Niño" (Revesz et al, 1997: 102). En ese estudio, Eguiguren hace una clasificación de la intensidad de las lluvias en cinco clases: "Años secos", "Ligeras lluvias", "Años regulares", "Años buenos" y "Años extraordinarios" (Eguiguren [1894a] 1958: 102-103) y, al final como en el transcurso de su artículo, da forma y sostiene la hipótesis de la relación de los años de mayores lluvias con la presencia de la "contracorriente del Niño" (Eguiguren [1894a] 1958: 110-111). Publicado luego del evento de 1891, lo importante del caso es destacar que la relación establecida por Eguiguren entre esta corriente y el régimen de lluvias en Piura, muestra que esta literatura científica inicial sobre el Niño se encuentra motivada por los impactos sobre la sociedad, en el mar y en el territorio continental, de esta corriente marina que afecta no sólo los recursos marítimos sino el clima en general de esa región¹³.

a que es la más notable y sentida después de Navidad" (Glantz, 1996: 13; 1998: 11). Esta misma cita puede hallarse ya en el estudio de Eguiguren que mencionaremos más adelante (Eguiguren, 1894a) publicado sólo dos años después del de Carrillo.

¹² Glantz publicó la versión en inglés de *Corrientes de Cambio. El impacto de El Niño sobre el Clima y la Sociedad* en 1996 (Cambridge University Press, 1996). En 1998 ha aparecido la versión en español publicada por la UNESCO y OFDA/USAID, gracias a la traducción y adaptación de Rodrigo H. Núñez, Jefe del Departamento de Oceanografía del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (Glantz, 1998). Dado que esta versión aún ha tenido poca circulación y, en ocasiones, utilizamos nuestra propia traducción, aquí señalamos las citas en ambas ediciones. Las referencias exactas de ambas pueden encontrarse en las referencias al final del artículo.

¹³ En este artículo de Eguiguren pueden encontrarse otras antiguas y bastante precisas referencias sobre esta corriente de parte de otros marinos. La pregunta que busca responder es, sin embargo, "¿Cuál es la causa de estas lluvias?". Y estas referencias aparecerán especialmente para responderla: "En el año de 1822 al 23 -dice Eguiguren- M. Martigüé a bordo de la fragata francesa "La Cloride", observó una corriente que partiendo probablemente del golfo de Guayaquil, se dirigía al S. muy pegada a la costa". Y continúa: "El capitán Fritz Roy, en su derrotero del Océano Pacífico, dice hablando de esta corriente: Va a lo largo de la costa con dirección S. y velocidad igual o mayor que la corriente de Humbolt. Dice que no se conoce la periodicidad de esta corriente; y que ni las estaciones ni la edad de la luna, ni otras causas comunes que actúan sobre nuestras costas, parecen tener influencia aquí. Los marinos viejos y

Los Niños de 1891 y de 1925, son para el Perú, los dos anteriores de intensidad comparable al de 1982/83 y, actualmente al de 1997/98. No obstante que existen estudios –hasta hoy no superados por otros– que establecen que la cantidad de lluvias de 1891 fue aproximadamente la mitad de las de 1925 y éstas, a su vez, aproximadamente la mitad de las de 1982/83 (Woodman, 1985), sin lugar a dudas, el Niño de 1891 fue de gran intensidad e impacto. Para la ciudad de Piura es el año que la historia oral considera de máximas lluvias anterior al Niño de 1925 y es recordado sobre todo porque una gran creciente del río arrasó el puente que lo cruzaba a la altura de la ciudad. Este puente había sido construido en 1870 y soportado las máximas avenidas desde ese entonces (Eguiguren 1892a; Woodman 1985). Además de éstas, Eguiguren da otras referencias para sostener todo ello:

"Después de 1845 -dice Eguiguren- no volvió a haber en Piura fuertes lluvias hasta 1864, siguiendo luego los años de 71, 77, 78, 84 y 91, de los que cada uno ha sido más abundante que los anteriores al extremo que el 91, las ciudades de Piura y Paita y casi todas las poblaciones del departamento quedaron semi arruinadas habiendo el río arrastrado el 7 de abril, el puente de Piura, construido en 1870 y que había resistido las grandes crecientes de 4 años" (Eguiguren [1894a] 1954: 100-101)

Como refiere Woodman (1985), también Eguiguren, en sus "Estudios demográficos de la ciudad de Piura" (Eguiguren, 1894b), hablando de los años 1878, 1884 y 1891, diría:

"Estos tres años fueron lluviosos, siéndolo en mayor grado el de 1891" (Citado en Woodman 1985: 314)

Esto, sin embargo, no ocurría sólo en el norte del país. Citando a López Martínez (1983), Vegas Vélez (1983) comienza su artículo ya citado, diciendo:

"1891: todos los ferrocarriles sufrieron graves daños, incluyendo las vías de Arequipa, Puno y Cuzco. El Ferrocarril Central [que pasando por el valle del Rímac aún en la actualidad une Lima con la sierra central del país, despensa alimentaria de la capital y también trae varios productos mineros para su exportación] fue bloqueado a la altura de Ñaña por dos grandes huaicos... El departamento de Ancash resultó gravemente afectado por aluviones, quedando Huaráz aislada durante 80 días... Trujillo y Chiclayo soportaron, durante setenta días consecutivos, lluvias torrenciales 'con tempestad, truenos y relámpagos'. Chimbote, muy pequeña por entonces, quedó destruido en un 95%; Paita [Piura] y Samanco [Ancash] resultaron también seriamente castigados por las lluvias... Las provincias que más sufrieron fueron Chancay, Huarochirí, Lima, Cañete, Canta y Yauyos [algunos de estas en la costa central y otras en las serranías de Lima, aunque sólo dos vinculadas al valle del Rímac]. Casma quedó en ruinas y Supe, por entonces con algo más de dos mil habitantes, desapareció totalmente el 24 de febrero bajo las aguas del repentinamente avasallador Río Seco (Tomado de López Martínez, 1983)" (Vegas, 1983: 54) [Las explicaciones entre corchetes son nuestras].

hombres acostumbrados a los viajes por estas costas, no pueden indicar la causa de tales cambios; ellos saben solamente que tienen lugar, y aprovechan sus efectos en su oportunidad. Durante la continuación de mis observaciones, esta contracorriente fue notada con frecuencia inmediatamente antes y durante los vientos del N., mas como nada de esto era frecuente, ninguna regla general puede establecerse". Para luego referirse a lo que sostenía el Comandante Carrillo en la cita ya comentada arriba (Eguiguren [1894a] 1958: 108-109).

1891 fue entonces un Niño que afectó el territorio nacional mucho más allá del norte del país. Nos recuerda más a la extensión territorial afectada y tipo de impacto climático en el Perú del más reciente Niño de 1997/98, y nos da una imagen más amplia del impacto de El Niño en el Perú que cuando –siguiendo un estereotipo creado a partir de una visión poco discutida del Niño de 1982/83– sólo se esperan lluvias intensas en los tres departamentos más norteños del país (Tumbes, Piura y Lambayeque) y probables sequías en la macro-región del sur (especialmente Cuzco, Puno y Arequipa)¹⁴. Con el conocimiento del Niño de 1925 comienza a ocurrir algo igual en el país. El tipo de impacto climático del Niño de 1997/98, que se extiende prácticamente a lo largo de toda la costa del país y que no produce sequía, sino –pareciera más bien– algunas lluvias más intensas en el sur andino, hace volver la mirada sobre los efectos de El Niño en La Libertad, Ancash, Lima (donde incluso se produjeron lluvias - Peralta 1985: 127¹⁵) y Arequipa (Franco 1998a: 5), sobre lo que hoy pueden encontrarse muchos registros documentales. Se trata en realidad de impactos mucho menos localizados en sólo algunas regiones y mucho más extendidos que los que esa versión estereotipada que teníamos de 1982/83 señalan. Sin lugar a dudas se trata de eventos que hicieron sentirse al país en su conjunto comprometido. En ese contexto se hace más fácilmente explicable el impulso que reciben las publicaciones sobre el tema durante o después de cada evento¹⁶.

Esta relación entre producción científica sobre El Niño y cada uno de los eventos puede rastrearse fácilmente contrastando las bibliografías existentes sobre El Niño en el Perú (por ejemplo, Mariátegui et al, 1985; Revesz et al, 1997) y las series temporales y cronologías sobre eventos ENSO que circulan en el medio (por ejemplo, Quinn et al, 1986; Quinn, 1993). Otro ejemplo de coincidencia es Caballero y Lastres (1907), que escribe sobre la "Contracorriente observada en el norte del Perú" en un año de Niño. Pero no se trata sólo de una correspondencia cronológica, ni siquiera sólo de enseñanzas particulares de cada evento. La literatura más reciente sobre El Niño pareciera mostrarnos que hay otros factores –actores y visiones– que influyen en el desarrollo del tema.

Interacciones entre la Variabilidad del Clima y las Actividades Humanas de la Corriente de “El Niño” a la globalización en las ciencias ENSO: ¿Un cambio de centro?

Hoy, con frecuencia –por lo menos en algunas regiones– el discurso expositivo de la ciencia, sigue haciendo uso de esta corriente para definir El Niño, aunque este ya no

¹⁴ Cada día más y, especialmente después del Niño 1997/98, se va imponiendo la idea del Niño de 1982/83 como el verdaderamente anómalo. Glantz lo llama una "anomalía anómala" (Glantz, 1993: 59 y ss.; 1998: 43 y ss). Sin embargo, para el propio 1982/83, los resultados preliminares de *DesInventar* 1970-98 en el Perú -expuestos por José Sato, Andrew Maskrey y este autor en diversos foros nacionales e internacionales (Franco 1998b; Sato 1998)- también ofrecen una imagen de los impactos de El Niño en el Perú más amplia y muy distinta que ese estereotipo mencionado.

¹⁵ Peralta cita al Diario *La Prensa* del 10 de marzo de 1925.

¹⁶ Sin embargo algo debe explicarnos por qué pareciera que sólo algunas regiones del país (especialmente los de la costa norte y la sierra sur), se sintieron aludidas con la "alerta temprana" de 1997, declarada seis meses antes del inicio de la estación lluviosa en el Perú. No es tanto antes, sino durante y después de los eventos que la producción científica se ve impulsada. Es sólo después de 1997/98 que volteamos la mirada sobre documentación y bibliografía que ya había aparecido, o reaparecido, en 1983 (Por ejemplo, Vegas, 1983; López Martínez, 1983 y otros). ¿Cuánto de esto se debe al hecho de que muchos de los desastres que se producen en las otras regiones no los asociamos al fenómeno El Niño o ENSO? ¿Cuanto a otros factores? (Franco, 1998a). En las últimas notas a pie de página tocamos parte de este tema.

es más la contracorriente peruana, sino ENSO (o ENOS)¹⁷, un fenómeno global. Dice David Enfield en *Desastres y Sociedad* No. 5:

"El Niño era el nombre usado por los pescadores en la costa norte del Perú durante el siglo pasado, para referirse a la llegada de una corriente cálida proveniente del área ecuatorial, y cuya fecha comúnmente coincidía con la época navideña –de ahí, el "Niño Dios"–. Algunos años este evento llega tan fuerte que trae consigo considerables consecuencias, en su mayoría negativas. A tal efecto, hoy en día el término "fenómeno de El Niño" se refiere más bien al evento anómalo y no al anual. Fue así que a partir de 1960 los avances científicos permitieron ver que "El Niño" tiene manifestaciones en todo el Pacífico Tropical, y que lo sucedido en el Perú no es más que un aspecto muy regional de una interacción entre todo el Pacífico Tropical y la atmósfera global (Enfield, 1987). El aspecto atmosférico de dicha interacción se conoce por el término "Oscilación del Sur", y el proceso acoplado se denomina El Niño-Oscilación del Sur o ENSO" (Enfield, 1995: 181)^{18 19}

Esta definición global de ENSO, sin embargo, tiene de hecho –o de derecho, puesto que se trata de la incursión en el tema de las modernas ciencias sociales– un correlato en lo que hoy constituye un campo de estudio: el de los Impactos ambientales y sociales relacionados con el clima y en especial, un subcampo de éste, que es el de las investigaciones interdisciplinarias sobre las interacciones entre la variabilidad del clima y las actividades humanas (Glantz, 1996: 23; 1998: 25). Un ejemplo peruano, obtenido al contrastar las cronologías y series temporales de eventos ENSO con las fechas de publicación en la literatura científica sobre El Niño, tratado también por Glantz en *Corrientes de Cambio*, puede ilustrarnos de qué se trata.

Cuando publican Carrillo (1892), Carranza (1892), Pezet (1896), quienes lo hacen en *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, había ya acabado el *boom* del guano en el Perú (que puede considerarse que transcurre entre 1840 y 1860 o 70) -Glantz lo prolonga hasta 1880) (Glantz, 1996: 4; 1998: 3). Junto con el régimen de lluvias el guano era según Glantz, a través del consumo de la anchoveta por parte de las aves guaneras, y la sensibilidad de aquellas a los caracteres de El Niño, lo que causaba interés público en el Perú por El Niño²⁰. Sin duda que todo ello tenía algo que ver con el interés por parte de la ciencia en la Corriente de El Niño, como lo tendrían los efectos sobre las lluvias y sus impactos sobre la vida económica y social²¹. De hecho,

¹⁷ ENSO (El Niño - Southern Oscillation) o ENOS (El Niño-Oscilación del Sur)

¹⁸ Actualmente incluso se comienza hablar de La Niña como la fase fría de ENSO (O'Brien, 1997)

¹⁹ Respecto a la historia de El Niño o ENSO construida desde la historia científica de la Corriente del Niño, habría que dejar aclarado que cosa igual parece estar haciéndose desde el otro componente: la Oscilación Sur. Al respecto también podría verse Glantz, 1996: 35-41; 1998: 25-29).

²⁰ "Uno pudiera argüir con facilidad -dice Glantz- que, a fines del siglo XIX, El Niño era principalmente de interés para las poblaciones locales a lo largo de la costa occidental de Sudamérica, debido a las alteraciones asociadas tanto en los patrones normales (o sea, esperados) de precipitaciones como en los de reproducción y de conducta de las poblaciones de peces y aves a lo largo de la costa. De hecho la preocupación no se enfocaba tanto en los impactos adversos sobre los peces sino sobre las poblaciones de aves que se alimentaban de ellos. Durante los eventos El Niño mayores, las poblaciones de peces, en especial la anchoveta, se reducían como resultado de un decreciente suministro de alimento y cambiaban su ubicación, haciéndose menos accesibles a las aves que se alimentaban de ellos" (Glantz, 1997; 1996: 4; 1998: 3).

²¹ Como en los párrafos subsiguientes se comprenderá más, está todavía pendiente el estudio de las fuentes documentales, hemerográficas y bibliográficas en general sobre los impactos y las respuestas sociales y económicas en la vida agrícola en el período del Niño 1891 como también en otros, como por ejemplo, en el posterior comparable de 1925 en el Perú (Franco, 1997). Hay un trabajo pionero

Glantz sostiene que no es sino hasta mediados del siglo XIX que el Niño adquiere interés y relevancia en la escena internacional y en la administración política en el Perú, el tema de El Niño. No obstante llama la atención que pasados muchos años de terminado el *boom* del guano, se seguía escribiendo en el Perú sobre los efectos de El Niño en la producción guanera. Luego de El Niño de 1911/12, Lavalley y García (1912) escribe acerca de sus efectos sobre la mortalidad y la migración de las aves guaneras, tema sobre el que vuelve a publicar en 1917 luego de los eventos cálidos que se sucedieron en ese intervalo (Lavalley y García, 1917). Para lo que veremos en el párrafo siguiente, es importante destacar el hecho que ambos trabajos de Lavalley y García serían publicados en las *Memorias y Boletín de la Compañía Administradora del Guano*, de la institución que el Gobierno peruano creara a principios de este siglo para controlar su extracción.

No obstante, hay otra relación tan significativa como la anterior, que la historia nos muestra y es importante destacar hoy: no sólo su relación con las actividades productivas sino con lo que llamamos los "actores sociales", es decir, "aquellos que modifican su entorno material y social" (Touraine 1992: 243)²². Importan entonces los autores, las entidades donde publican y, sobre todo, el sentido de los trabajos. Es curioso ver cómo en relación con El Niño de 1925 se sigue escribiendo aún sobre los efectos de El Niño en las aves guaneras y cómo, también, las numerosas publicaciones de –por ejemplo– Murphy durante el Niño de 1925/ 26 y luego del de 1931 son publicadas no sólo en varias revistas del extranjero sino que, en el Perú, siguen siendo publicadas en el *Boletín de la Compañía Administradora del Guano* (Mariátegui et al, 1985: 63-64). Algo cambia en el Niño de 1953, sin embargo y emite una señal, cuando Enrique Avila (1953) vuelve a escribir sobre las aves guaneras pero con especial referencia a su relación con la anchoveta. La anchoveta –dice Michael Glantz (1996; 1998)– era un bien discutido entre quienes la aprovechaban a través de las aves guaneras, es decir los empresarios agrícolas, y quienes pretendían instalar en el Perú una pesca comercial a gran escala (Glantz 1996: 28 y ss; 1998: 21 y ss). La anchoveta no sería capturada para consumo humano directo, sino para ser industrializada como complemento alimenticio dirigido a la industria avícola norteamericana, en rápida expansión en ese momento. La discusión no se definiría entre ambos grupos y los industriales pesqueros no ganarían la batalla sino hasta el colapso de la industria pesquera de sardina de California, que aumentaría visiblemente la demanda de harina de pescado de anchoveta. El mercado exterior definiría el conflicto al interior del país. Un trabajo de Murphy de 1954 sostenía que, mientras las aves guaneras consumían sólo la anchoveta necesaria para su reproducción y se mantenía un sano equilibrio, la pesca comercial la capturaría tanto cuanto crecieran sus capacidades de captura (Murphy 1954, citado en Glantz 1996: 30; 1998: 22-23). Sin embargo, antes, en pleno 1953, Avila ya había publicado el artículo señalado líneas arriba, en el *Boletín de la Compañía Administradora del Guano* (Avila, 1953). Según Glantz, pareciera que aún en El Niño de 1957/58 no se llegó a registrar un

para el Perú y probablemente para el mundo producido luego del Niño de 1982/83 por Pablo Lagos y James Buizer, aunque para una problemática relativamente distinta, puesto que se encuentra ya referido al uso de los pronósticos ENSO en el planeamiento agrícola y sobre los resultados obtenidos en el Perú para un caso en concreto (Lagos y Buizer, 1992).

²² Definidos de manera más rigurosa de lo que con frecuencia ocurre hoy día, actor social no es aquel que "... reacciona conforme al lugar que ocupa en la organización social sino aquel que modifica su entorno material y, sobre todo, social en el cual está localizado, transformando la división del trabajo, los modos de decisión, las relaciones de dominación y las orientaciones culturales" (Touraine, 1992: 243).

efecto grave sobre la población de anchoveta y que esto se debería a que la industria pesquera no era más que incipiente y capturaba muy por debajo del máximo rendimiento sostenible. Será recién en 1960 que el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) identificará la combinación de los efectos de El Niño en la población de anchoveta con los de las presiones de los armadores de la flota pesquera, de los bancos que los financiaban y la demanda de harina de pescado por parte de las fábricas. Si bien en el posterior Niño de 1965, la captura de anchoveta aún no se habría reducido sino ligeramente, sí tuvo un impacto devastador sobre la población de aves guaneras, lo que habría significado –según Glantz– una "llamada de alerta" para algunos elementos de la industria pesquera y para algunos miembros del Gobierno peruano (Glantz 1996: 31; 1998: 23).

Lo importante es que, así como hoy sabemos que no podemos entender lo que ocurre con El Niño en las costas del Perú y de Ecuador, desde el punto de vista del fenómeno natural sin verlo globalmente, igual ocurre para las respuestas de la sociedad sino miramos mas allá de los países. Sin embargo, el tema de las interacciones entre variabilidad del clima y actividades humanas, nos estaría mostrando también que no se trata sólo de cambiar de centro o campo físico, sino de centro o campo conceptual.

El enfoque social: nuevos campos

Glantz llama a El Niño de 1972/73 "el Niño olvidado" (Glantz, 1996: 68; 1998: 50) y, comparado con la imagen del de 1982/83, pareciera ser cierta esta afirmación. Pero el Perú no lo olvida. Es en el contexto de este Niño que se produce en el Perú el colapso de la industria pesquera. Sin embargo, similares efectos ocurrían en otras partes del mundo. A los cambios biológicos en el mar, se sumaron en ese Niño sequías en muchas partes del mundo. La URSS registró una reducción tal en su producción de granos, que la obligó a importar de los EEUU grandes cantidades de trigo y maíz. Eso significó que se agravara la escasez de estos productos a escala mundial. No obstante, los agricultores norteamericanos dejan de sembrar trigo y siembran soya, que surgía como alternativa de complemento alimenticio para la industria avícola en ausencia de la harina de pescado. La soya, producida para consumo animal, reemplazaba al trigo en un momento de plena crisis alimenticia mundial. Así, el Niño 1972/73 daría pie al surgimiento de equipos y estudios interdisciplinarios en los que no sólo se analizarían los impactos de las anomalías climáticas sobre la producción, sino se abordarían también los de las reacciones económicas y políticas ante éstos (Glantz 1996: 33-34; 1998: 24-25), las que ocurren desde otras lógicas. De allí que Glantz y otros sostengan que El Niño de 1972/73 y las anomalías climáticas asociadas de ese año, impulsarían no sólo la investigación oceanográfica, atmosférica y biológica, sino que precipitaron el desarrollo de un subcampo de investigación multidisciplinaria que desde ese momento ha sido conocida como evaluación de impactos relacionados con el clima. Tales evaluaciones se han centrado en la combinación entre variabilidad del clima y actividades humanas (Glantz, 1996: 34; 1998: 25). Sin embargo, Glantz va más allá y dice:

"Las anomalías del clima en los primeros años 70 provocaron la convocatoria a la Conferencia Mundial de Alimentos en Roma en 1974, la que fue seguida por una serie de conferencias de la Naciones Unidas sobre otros temas globales, tales como sobre población (en Rumanía), asentamientos humanos (México), agua (Argentina), desertificación (Kenya), clima (Suiza) y tecnología (Austria)" (Glantz, 1996: 68; 1998: 50)

Visto así, el tema de El Niño no es sólo el del fenómeno natural, sino el de su relación con las actividades humanas, con la sociedad. Estas relaciones tienen especificidad e intermediaciones, que son justamente su impacto sobre esas actividades. Pero, en esas intermediaciones, están presentes las respuestas –que se definen desde lógicas diferentes, propias de otros ámbitos– de los actores sociales, de los grupos económicos, del mercado. Esto ocurre a escala global, pero también al interior de los países, de las regiones y, estamos seguros, en cada localidad. No se trata sólo de los espacios físicos y sociales, sino también de la definición del campo fenomenológico al cual nos estamos refiriendo. Éste, requiere de otro enfoque, que es parte del enfoque social en el estudio y la gestión de los riesgos ENSO.

Las características de los eventos ENSO y sus enseñanzas, considerando otras lógicas e incorporándolas a la gestión del riesgo

El Niño 1997/98 no fue, de hecho, un Niño más ni en el Perú, ni en el mundo. Su referencia más cercana por la intensidad comparable con la que se produjo era el de 1982/83, pero el Niño más reciente se inició en una estación distinta: mientras que el de 1982/83 se hizo presente en octubre de 1982 –lo que se consideraba hasta hoy en el Perú y seguramente en muchas partes un Niño clásico²³– el de 1997/98 se hizo presente en marzo y ya estaba claramente identificado en junio de 1997. De hecho fue en junio en que el Perú declaró un estado de emergencia para buena parte del territorio nacional. Un Niño en esas estaciones supuso aumento de la temperatura y en la humedad ambiental particular aunque únicamente en la costa del país, afectando entre otras cosas, los cultivos. Dos ejemplos de una de las regiones más afectadas del país pueden ilustrárnoslo: en el norte del país el mango no floreció y prácticamente no hubo cosecha; asimismo, el algodón resultó afectado por estos cambios (Remy 1997: 70). Dice Remy: "La campaña de algodón que empezó en diciembre pasado [1997] ha sufrido las anomalías climáticas de El Niño; en abril, las bellotas recién salidas se perdieron y las plantas produjeron hojas. En todo Piura por lo menos un tercio de todo el algodón se perdió; en el bajo Piura, la zona algodонера por excelencia, la baja de rendimientos es de casi dos tercios. La situación actual es que gran parte de los agricultores algodonereros no ha podido pagar ni siquiera sus créditos, y los demás se han quedado sin ahorros" (Remy, 1997: 70). Esto puede extenderse a la caña de azúcar, también en la costa norte, el olivo en la costa central sur y muchos otros cultivos (*Agroinforme* No. 8). En la sierra del país, los cultivos (principalmente papa y cereales andinos) también fueron afectados durante ese período (Santa Cruz, 1997)²⁴. El Niño dejó de ser únicamente lluvias, descargas extraordinarias de ríos y quebradas, inundaciones y aluviones, amenazas que causan daños en puentes, carreteras y edificaciones o, también, sequías extremas. Los cultivos eran afectados y no habían ocurrido aún lluvias e inundaciones y tampoco sequía. La agricultura pasaba a la misma situación que la pesca: temperatura del mar, plancton, anchoveta, para harina de pescado y aceite o (antes) para las aves guaneras: impactos en distintos grados,

²³ Ya hemos hecho referencia al hecho de que es justamente al Niño de 1982/83 al que se comienza a considerar el más diferente a la norma (Glantz, 1993: 59 y ss.; 1998: 43 y ss).

²⁴ Parte de estos daños fueron producidos por heladas, y también por los "friajes" que, provenientes del sur, ingresaban a través de Chile hacia la vertiente oriental de los Andes peruanos y que se produjeron al mismo tiempo que la evolución de El Niño. No obstante que se discute aún las relaciones existentes entre los "friajes" y ENSO, esa sola discusión coloca al Niño en un nuevo campo de efectos sobre la producción, la economía y la sociedad.

otras intermediaciones. Las características del evento 1997/98 trae consigo en el Perú, nuevos temas en la gestión de riesgos ENSO²⁵.

Se trata entonces de nuevas intermediaciones para el estudio del impacto del Niño. Pero éstas tampoco se refieren sólo al impacto directo del clima (en este caso temperatura y humedad) sobre los cultivos y su productividad. Si no –como vimos en el caso de la crisis mundial de los cereales con las anomalías climáticas en el mundo entero con el Niño de 1972– de las respuestas de la sociedad y la economía en medio de esos impactos (o posibles impactos cuando se trata de pronósticos). "... en clara manifestación del conocido efecto de las "expectativas auto-satisfechas" la banca privada no ha arriesgado créditos en esta campaña [agrícola]: se espera que sea mala y lo será, entre otras cosas porque no se adelantaron créditos" decía Remy en el artículo citado (1997: 70).

Retomando el tema del cultivo de mango, podríamos decir junto a esta autora: "La mayoría de los peruanos imagina mal que en Piura exista algo parecido a un 'invierno'; pero sin duda, aun los productos tropicales de la agricultura regional requieren para su desarrollo las temperaturas más bajas que se presentan pasado el verano... El mango por ejemplo necesita de temperaturas más bajas que las del verano para florecer y luego dar frutos entre diciembre y febrero. Este año no han florecido naturalmente. Las modernas tecnologías de inducción floral están logrando ciertos resultados, pero sólo entre quienes las conocen y disponen de dinero (ahorros, préstamos, adelanto de compradores) para pagarlas; no son muchos y sobre todo no son los pequeños". Pero, decimos ¿no está en la formulación del problema, el secreto de la solución? ¿no es acaso llevando a estos niveles la gestión de los riesgos, en donde se hace posible establecer una relación adecuada con los cambios climáticos que comporta El Niño en sus distintas versiones? ¿Crédito, tecnología, capacidades para imaginar las propuestas, capacidades para convertirlas en decisiones de política?

En cuanto a la contracción del crédito para la agricultura dada la situación climática y el pronóstico, también dice Remy: "La producción de mango en Piura es hoy uno de los rubros más dinámicos de las exportaciones no tradicionales; genera ingresos a miles de agricultores y una gran cantidad de empleo en plantas procesadoras y en el puerto de Paita. Este año, llueva o no, este Niño ya afectó..." (Remy, 1997: 70) Y, aludiendo a este producto pero también a las pérdidas en el algodón y otros cultivos y a las deudas contraídas e imposibles de cancelar, sigue inmediatamente: "¿Cómo pueden prepararse estos productores, estos obreros portuarios, para el período [subsiguiente] de lluvias intensas de El Niño o almacenar alimentos?" (Remy, 1997: 70). Pero, en verdad, esto nos lleva a otro tema: cómo la contracción del crédito y la ausencia de políticas adecuadas en ese rubro, la ausencia de capacidades (técnicas, financieras e institucionales) para hacer uso de tecnologías existentes (u otras opciones alternativas) para manejar los riesgos climáticos en la agricultura y en la economía, colocan a las poblaciones y sociedades en una vulnerabilidad mayor antes de ingresar a las etapas más duras de daños físicos. Cómo en el orden de la tecnología y de los créditos, y en el orden de la política –que subyace a ellos– se juega no sólo el

²⁵ La industria textil y el comercio también se vieron afectados. Lima, tradicionalmente fría en esa estación pobló sus playas durante todo el año bajo un sol esplendoroso, nadie vendió una sola pieza de lana. Sumada a la reducción de los ingresos de distintas capas de la sociedad en los últimos años, la ropa de la estación calurosa era perfecta para los meses de invierno. Aquí también El Niño deja de ser un desastre tradicionalmente concebido como daños estrictamente físicos y pasa a ser ha visto desde otros tipos de impacto.

daño de un grado como el comentado sino también el de otros grados mayores. Cómo los desastres pequeños o medianos desastres, anuncian los grandes desastres (Lavell, 1994: 17-18).

El Niño: ¿prevención de "¡desastres!" o gestión del riesgo?

La misma autora citada más arriba, sostenía en una exposición realizada en un Foro público (CIPCA, 1998a)²⁶ que, antes de iniciarse el período lluvioso en la región de Piura y, por tanto los desbordes e inundaciones que produjeron los mayores daños, ya se habían producido una proporción considerable de los daños totales del Niño 1997/98, por sólo el efecto de los cambios climáticos y del comportamiento del crédito comentado más arriba. Sólo en relación con el cultivo del algodón, se habían perdido 17.000.000 millones de dólares, contando los jornales dejados de percibir y comparando las ganancias obtenidas con las esperadas. A eso había que sumar por lo menos una fracción muy importante de los US \$ 11.237.000 millones que se dejaron de percibir en la exportación de mango y pérdidas asociadas, lo que también se había originado antes del período lluvioso, desbordes e inundaciones. El desastre se había iniciado mucho antes que las lluvias (Remy, 1970; CIPCA, 1998a, 1998b).

Si consideramos la situación de pobreza de las poblaciones ¿cuál es el umbral que define la ocurrencia de un desastre? Remy sostuvo que debía considerarse que cada campesino había perdido US \$ 910 per cápita entre 1997 y los primeros meses de 1998 (CIPCA, 1998a, 1998b), lo que resultaba dramático. ¿Cuánto de las pérdidas de 1997 en algodón, mango y otros cultivos, pudieron manejarse con otras políticas de crédito y de asistencia técnica? No sólo el poblador pudo llegar en mejores condiciones a la estación lluviosa, con capacidad para fortalecer sus viviendas y techo, sino que el desastre mismo como conjunto podría haber sido reducido, incluso aceptando la hipótesis negada de que no sean controlables los desbordes e inundaciones que se produjeron.

El Niño es un tema relativamente nuevo en el campo de los desastres en América Latina. Como ocurrió con otros fenómenos naturales, tratado en bloque como una amenaza, se hizo inmanejable y cayó rápidamente en el campo de las emergencias²⁷. Desagregado en su tipo de efectos, El Niño aparece como posible de manejar, posible de convertirse en objeto de gestión de los riesgos que comporta. Es necesario, sin embargo, construir nuevas intermediaciones, desde un campo conceptual distinto para un campo fenomenológico distinto. Durante 1997/98 han habido en el Perú esfuerzos significativos para ello: el seguimiento que hizo el Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES) de los efectos de las variaciones climáticas sobre los cultivos y la agricultura en general en el contexto de la evolución de la situación macroeconómica del país (CEPES 1997a, 1997b); algunos talleres en los que se reunieron especialistas en clima, desastres y producción e instituciones representativas de esas regiones en

²⁶ "Impacto de El Niño sobre los ingresos netos de los agricultores", exposición a cargo del Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), en el Foro "Piura: Reconstrucción y Desarrollo Regional", Piura, 15 de mayo de 1998, organizado por el diario regional "El Tiempo" e ITDG-Perú y auspiciado por la Universidad de Piura (UDEP).

²⁷ Dos excepciones importantes en el Perú han sido el estudio de Ronald Woodman (1985) en que se tomaba en consideración la peligrosidad no sólo de los hoy llamados *meganiños*, sino de otros más frecuentes que, sin ser como los de 1891, 1925 y 1982/83 causaban daños significativos en obras de ingeniería y en las actividades productivas; y el de Pablo Lagos y James Buizer mostrando resultados de la utilización de los pronósticos climáticos en el planeamiento y productividad de la agricultura (Lagos y Buizer, 1992).

particular del país y que se llevaron a cabo antes de la estación lluviosa²⁸; el foro organizado por la Universidad de Piura (UDEP) y la banca privada regional del norte (NORBANK / UDEP, 1997); la "Propuesta desde la producción regional para recibir El Niño" del Grupo Iniciativa - Piura (1997); todos son ejemplos que indican hasta qué punto hay capacidades institucionales que permitirían llegar a implementar en el país un enfoque y prácticas como las comentadas²⁹. El enfoque fue planteado públicamente, pero lamentablemente nunca obtuvo mayor escucha y no llegó a implementarse de manera relevante (Franco, 1997; 1998). De hecho, el Gobierno central y su plan de prevención "Pre-Niño" 1997/98 no lo consideró, enfocándose casi exclusivamente en obras físicas, de carácter ingenieril. Desde la sociedad civil, las capacidades para formular y comenzar a aplicar un enfoque diferente, existen, pero tampoco puede decirse que en condiciones suficientes. Es aún un camino por recorrer, que encuentra resistencias frecuentes en distintos ámbitos. Pero no es una historia totalmente nueva. Es una historia que va sentando sus bases desde hace mucho y que hay que retomar. Si miramos la bibliografía sobre El Niño de Revesz et al (1997), en la sección dedicada a Franz Zorell y su artículo "La corriente del Niño en 1925" (1929), leemos:

"A pesar que –como lo señala Pezet [1896]– la existencia de la corriente del Guayas haya sido señalada a lo largo del siglo XIX por varios marinos (entre ellos Caballero y Lastres [1907]), Luis Carranza es el primero en establecer *la relación entre dicha corriente y el crecimiento de la humedad atmosférica del litoral nor-peruano a partir de lo observado en 1891...*" (Revesz et al, 1997: 101) [las cursivas son nuestras].

El texto de la bibliografía citada fue redactado por Manuel Vegas Vélez, quien prologó esa sección y de quien tomamos –en la primera página de este artículo– la cita del marino Camilo Carrillo de 1892 sobre la contracorriente del Niño. Y Luis Carranza, al que aquí se refiere Vegas, es también el mismo de 1892 citado al inicio. La ciencia encuentra, a través del tiempo, sus verificaciones. Pero hay que abrirles espacio para continuar su derrotero.

²⁸ Uno especialmente significativo fue el organizado en el Cuzco por la Asociación Arariwa, la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonio Abad y la dirección de Agricultura: "El Sur Andino y el Fenómeno El Niño. Taller macrorregional" el 22 y 23 de agosto de 1997. Allí, justamente, una de las conclusiones era considerar, los daños que se producirían si es que ocurriera una sequía como la producida en 1982/83, como efecto de fenómenos y debilidades que se muestran en los daños y pérdidas producidas con mayor frecuencia (Arariwa et al, 1997). Si esto se llegara a reconocer en cada región en donde el Niño o ENSO impacta el clima de manera peligrosa, probablemente todas ellas se sentirían aludida en las alertas tempranas. Esto es más importante aun porque, luego de 1997/98 estas alertas serán más frecuentes dado el desarrollo de las capacidades de pronóstico de las comunidades científicas internacional, nacionales y regionales.

²⁹ A ello habría que sumar los foros regional-internacionales de Prospección Climática que se llevaron a cabo en varias regiones de América, uno de los cuales se realizó en Lima, organizado por el Instituto Geofísico del Perú, INPESCA, NOAA-OGP, IRI, IAI, SeaLand Advisory Service, Inc. (IAI, 1997) y otro organizado de carácter más bien nacional organizado por Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de la Presidencia y el PNUD (IMARPE, et al. 1998), en los cuales estuvieron presentes algunas de esas instituciones regional-nacionales arriba señaladas.

Referencias Bibliográficas

1. **Asociación ARARIWA / Facultad de agronomía y Zootecnia -UNSAAC / Dirección Regional de Agricultura.** 1997. *El Sur Andino y el Fenómeno El Niño. Taller macrorregional.* Cusco, 22 y 23 de agosto de 1997.
2. **Avila, M.E.** 1953. "El Niño" en 1953 y su relación con las aves guaneras. Problemas básicos referentes a la anchoveta". En: *Boletín de la Compañía Administradora del Guano*, 29 (5): 13-19.
3. **Caballero y Lastres, E.** 1907. "Contracorriente observada en el norte del Perú". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 21 (2do. trim.): 236-237.
4. **Carranza, L.** 1892. "Contra-corriente marítima observada en Paita y Pacasmayo". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*. 1 (9): 344-346 (Existen referencias de este artículo fechado en 1891: Quinn et al, 1986: 31; Mariátegui et al, 1985: 17).
5. **Carrillo, C.** (1892b) "Hidrografía oceánica". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*. Tomo 2 (1er.Trim.): 72-111.
6. ----- (1892c) Disertación sobre las Corrientes Oceánicas y Estudios de la Corriente Peruana de Humbolt: En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima* (11): 52-110 (Microficha) (Citado en: Mariátegui et al, 1985: 17; Glantz, 1996; 1998).
7. **CENTRO DE INVESTIGACION Y PROMOCION DEL CAMPESINADO (CIPCA).** 1998a) "Impacto de El Niño sobre los ingresos netos de los agricultores". Exposición a cargo de CIPCA: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, en el Foro "Piura: Reconstrucción y Desarrollo Regional", Piura, 15 de mayo de 1998.
8. ----- (1998b) "Con El Niño: Piura perdió más". En: *Informativo Regional de Prensa*, No. 347: 8-9.
9. **CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES (CEPES)** (1997a) *Agroinforme* No. 8. En: [<http://www.rcp.net.pe/cepes-el-nino/>]
10. ----- (1997b) *Agroinforme* No. 9. En: [<http://www.rcp.net.pe/cepes-el-nino/>]
11. **Eguiguren, V.** (1894a) "Las lluvias en Piura". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*. 4 (7,8,9): 241-258. También en: Rómulo León Zaldívar (1958) *Prosistas Piuranos*, Lima, Primer Festival del Libro Piurano, Tomo 7: 93-111.
12. ----- (1984b) "Estudios demográficos de la ciudad de Piura" En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, Tomo 4 (1,2,3): 68-74.
13. ----- (1984c) "Levantamiento del río Piura". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, Tomo 3 ([10-12]): 459-462.
14. **Enfield, David B.** 1989 "El Niño, Past and Present". En: *Reviews of Geophysics*, No. 27: 159-187.
15. ----- .1995. "Prevención de los eventos climáticos en las Américas". En: *Desastres y Sociedad*, Año 3, No. 5: 180-187.
16. **Escobar, R.** 1997 "Examinado a 'El Niño' ". En: *Quehacer*, No. 109: 56-68.
17. **Franco, E.** 1991 *El Fenómeno El Niño en Piura: ciencia, historia y sociedad.* Piura, CIPCA, Biblioteca Regional 7. También en: Juvenal Medina y Rocío Romero (Comp.) (1992) *Los desastres sí avisan. Estudios de vulnerabilidad II.* Lima, ITDG, pp. 29-50.

18. ----- .1997. *El Niño ¿prevención de desastres o gestión del riesgo?* Exposición con motivo de la presentación al público y a la prensa de la página web sobre El Niño, de CEPES, el 18 de julio de 1997 [<http://www.rcp.net.pe/cepes-el-nino/>].
19. ----- (1998a) "¿El Niño o el desastre 1997-1998?". En: *Tecnología y Sociedad*, 4: 4-8 [http://www.itdg.org.pe/elnino/sobreelnino.htm#*].
20. **Franco, E. y José Sato** (1998b) "*DesInventar El Niño*": *El Niño 1997-1998 y los anteriores. Un análisis preliminar de resultados*. Presentado en Conferencia de Prensa (Diario *El Comercio*, 30.4.98, y otros de Lima; en: *IV Congreso Latinoamericano de Ecología y II Congreso Peruano de Ecología*, Simposio *El Niño 1997-98*, Arequipa, 23 y 24 de octubre de 1998; en: *Seminario Taller: "El Niño" en América Latina, sus Impactos Biológicos y Sociales: Bases para un Monitoreo Regional*", CONCYTEC, RIBEN, Lima, 9 al 13 de noviembre de 1998).
21. **Glantz, M. H.** 1996 *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*. Cambridge University Press.
22. ----- .1998 *Corrientes de Cambio: El impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad*. Valparaíso, Cambridge University Press, UNESCO y OFDA/USAID.
23. ----- . 1998. *A La Niña Summit: A Review of the Causes and Consequences of Cold Events*. Executive Summary of the workshop held 15-17 July 1998 in Boulder, Colorado. Environmental and Societal Impacts Group, NCAR: Boulder, Colorado.
24. **Grupo Iniciativa – Piura**. 1997. "Propuesta desde la producción regional para recibir El Niño". En: *Informativo Regional de Prensa* (Boletín del Centro de Documentación e información regional del CIPCA), 338, julio 1997, Suplemento 110.
25. **INTER-AMERICAN INSTITUTE FOR GLOBAL CHANGE RESEARCH (IAI)**. 1998. "Resultados de actividades científicas". En: *NewsLetter*, Issue 17: 5-9
26. **Instituto del Mar del Perú, Ministerio de la Presidencia, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**. 1998. "Forum: El Fenómeno El Niño 1997-1998: Evolución, Pronóstico y Mitigación", Lima, 22 y 23 de enero de 1998.
27. **Lagos, P. y James Buizer**. 1992 "*El Niño and Perú: A Nation's Response to Interannual Climate Variability*". In: Najumdar, S.K.; Forbes, G.S.; Miller, E.W. and R.F.Schmalz (Eds.), *Natural and technological Disasters: Causes, Effects and Preventives Measures*, The Pennsylvania Academy of Science, pp. 223-238.
28. **Lavalle y García, J. A.** 1912. "De una hipótesis sobre al grande mortalidad de las aves productoras de guano y su emigración de las islas". En: *Memoria de la Compañía Administradora del Guano*, No. 8: 51-56.
29. ----- (1917) "Informe preliminar sobre la causa de la mortalidad anormal de las aves ocurrida en el mes de marzo del presente año". En: *Memoria de la Compañía Administradora del Guano*, No. 8: 61-83.
30. **Lavell, A.** 1994. *Viviendo en riesgo*. Colombia, LA RED, FLACSO, CEPREDENAC.
31. **López Martínez, H.** 1983. "Las lluvias de 1891". En: *El Comercio*, abril de 1983.

32. **Mariátegui, J.; Chirinos de Vildoso, A. y Juan Vélez.** 1985. "Bibliografía sobre el Fenómeno El Niño: 1891 a 1985". En: *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, Número Extraordinario.
33. **Murphy, R.C.** 1954 The guano and the anchoveta fishery. En: M.H. Glantz and J.D. Thompson (eds.) (1981) *Resource Management and Enviromental Uncertainty: Lessons from Coastal Upwelling Fisheries*. New York, John Wiley & Sons, pp. 81-106.
34. **NORBANK / UDEP.** 1997. Análisis de las perspectivas económicas Post Niño 1997 - 1998. Piura, NORBANK, Programa Master en Dirección de Empresas -Universidad de Piura.
35. **O'brien, J. J.** 1997. " Impacts of ENSO Generated Climate Variations in North America". En: Michael H. Glantz (convener), *A Systems Approach to ENSO: Atmospheric, Oceanic, Societal, Environmental, and Policy Perspectives*. Report of Colloquium held 20 July-1 August 1997 in Boulder, Colorado.
36. **Peralta, Hernán (Comp.)** 1985. *El "Niño" en el Perú*. Lima, Instituto Cultural José M. Arguedas.
37. **Pezet, F. A.** 1896 "La contra-corriente 'El Niño', en la costa norte del Perú". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, Tom. 5 (4to. Trim): 457-461 (Hay una referencia de este mismo artículo para 1895 en Glantz, 1996: 3-4; 1998, en: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima* 11, 603-6).
38. **Quinn, W.; NEALS, V. y Santiago Antúnez de Mayolo.** 1986. *El Niño Ocurrences over the Past Four and a Half Centuries*. Corvallis, College of Oceanography, Oregon State University.
39. **Quinn, W.** 1993. "The large-scale ENSO event, the El Niño and other important regional features". En: *Bulletin d l'Institut Français d' Études Andines*, Tomo 22, No. 1: 11-34.
40. **Remy, M. Isabel.** 1997. "¿Se prepara Piura para El Niño?". En: *Quehacer*, No. 109: 69-71.
41. **Revesz, B.; Aldana Rivera, S.; Hurtado Galván, Laura y Jorge Requena.** 1997. *Piura: región y sociedad: derrotero bibliográfico para el desarrollo*. Piura, Cuzco; CIPCA, CBC.
42. **Sato, J. y Andrew Maskrey.** 1998. *El Niño in Peru: An Analysis of its Impact and Management*, World Bank Forum on El Niño, June 1998.
43. **Santa Cruz, F.** 1997. "En lo económico: ¿Un Niño terrible?" En: *Quehacer*, No. 109: 76-80.
44. **Touraine, A.** 1992. *Critique de la modernité*. Paris, Fayard.
45. **Vegas Vélez, M.** 1983. "El fenómeno del Niño". En: *Cielo Abierto*, V, IX, No. 25: 54-61.
46. ----- (1989) *Ecología y mar peruano*. Lima, Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza, Documentos de Conservación No. 3.
47. **Woodman, R.** 1985. "Recurrencia del Fenómeno El Niño con intensidad comparable a la del Niño 1982-83". En: CONCYTEC, *Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental*, Lima, CONCYTEC, pp. 301-332.
48. **Zorell, F.** 1929. "La corriente del Niño en 1925". En: *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*. Año 40, Tom. 46 (1er. Trim): 1-38.

Ecosistemas de Arequipa. Oferta Ambiental y Desarrollo Sostenible

Percy C. Jiménez¹, José F. Villasante¹, Bernabé C. Talavera¹ y Luis N. Villegas¹

¹Dpto. Acad. de Biología de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Instituto Regional de Ciencias Ambientales de la UNSA (IRECA-UNSA). Casilla Postal 985 – Arequipa. Email: ireca@unsa.edu.pe

Resumen

El presente artículo describe los diferentes ecosistemas del Departamento de Arequipa como resultado de más de veinte años de investigación. Se establece en esta zona diez ecosistemas que varían principalmente de acuerdo a la altitud y precipitación existente y que como consecuencia de ello, con comunidades bióticas características. Los autores reconocen a la zona en estudio como árida o semiárida y sus implicaciones ecológicas en el uso sostenible de sus recursos. Finalmente se analiza la oferta ecológica del Departamento en su conjunto delineando posibles áreas de desarrollo dentro de un marco de sostenibilidad.

Palabras clave: oferta ambiental, desarrollo sostenible, Arequipa.

Abstract

The article describes the different ecosystems of the Departamento of Arequipa as the result of more than twenty years of research. It has been established ten ecosystems in the study area which vary mainly depending on altitud and rainfall and with characteristic biotic communities. The authors identify this zone as arid or semi-arid and recognise the ecological implications regarding the sustainable use of its resources. Finally, it is analysed the overall ecological offer of the Departamento of Arequipa together with an outline of possible areas to develop within the framework of sustainability.

Key words: ecological offer, sustainable development, Arequipa.

Introducción

Para satisfacer sus necesidades el hombre tiene que utilizar los recursos naturales que le ofrece el ambiente en el que vive y, conforme va avanzando en el proceso de desarrollo económico y social, se generan nuevas necesidades que producen más presión de uso sobre el ambiente. En términos generales y simplificando mucho los procesos, este es el mecanismo y la explicación del deterioro ambiental que afecta a nuestra región, el País y el Planeta.

En función a lo anterior, es necesario conocer el ambiente en que se vive, para poder identificar estrategias de uso de los Recursos Naturales, que permitan utilizar eficientemente la oferta ambiental del territorio, de acuerdo a su vocación ecológica y alcanzar niveles de desarrollo adecuados para nuestra población, que sean perdurables en el tiempo, de forma tal que no sólo la actual y la siguiente generación gocen de bienestar, sino que también nuestros nietos y los nietos de ellos hasta 50, 100 ó más generaciones futuras, sigan usufructuando de los Recursos Naturales que nos brinda nuestro territorio. Este nuevo Paradigma que se conoce con el nombre de Desarrollo Sostenible, es el único camino que nos queda para garantizar el futuro de la humanidad en la tierra; es también el reto que nos plantean los acuerdos de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que se realizó en Río de Janeiro en 1992 y para el caso de Arequipa en nuestra opinión, es la manera más adecuada de brindar a la población regional una mejor calidad de vida.

Los resultados presentados en este trabajo son el fruto de más de 20 años de investigaciones, con observación y análisis en el campo, sobre los ecosistemas

regionales, sus recursos naturales y el desarrollo regional. En estas investigaciones también han participado estudiantes y especialmente egresados, que realizaron sus trabajos de grado y título profesional, en la Escuela Académica y Profesional de Biología, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

También se ha utilizado la búsqueda y sistematización de información bibliográfica, principalmente para complementar los datos de campo.

Características Ambientales de Arequipa

Arequipa está ubicada en la zona sur occidental del Perú, extendiéndose su territorio departamental entre las coordenadas geográficas 14°38'14'' y 17°16'54'' de Latitud Sur y 70°50'24'' a 75°05'22'' de Longitud Oeste, con una extensión de 63 344 Km². Limita por el Norte con los Departamentos de Ayacucho, Apurímac y Cuzco, por el este con los de Puno y Moquegua, por el Noroeste con el de Ica y por el Oeste y el Sur con el Océano Pacífico.

En la fisiografía de Arequipa destaca nítidamente el predominio de la cordillera de los Andes, pero también es notoria la variedad de formaciones morfológicas siendo las más importantes la cordillera de la Costa, la Cadena Volcánica y los profundos cañones del Colca y del Cotahuasi, con más de 3000 m de profundidad y considerados entre los más profundos del planeta.

Arequipa tiene el Litoral departamental más extenso del Perú, con una longitud de 430 Km y una definida orientación Sureste-Noroeste; un perfil rectilíneo con relieves de playas y acantilados cuya proyección submarina constituyen el talud continental y las fosas marinas, algunas con profundidades mayores a 6500 m. Al sur de la desembocadura del río Tambo, existe una zona inmediata al Océano, cuya superficie está por debajo del nivel del mar, alcanzando hasta 27 m de desnivel.

La costa es una estrecha faja entre el Océano Pacífico y las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, teniendo su mayor amplitud con alrededor de 60 Km cerca a Yauca, Acarí y Mollendo, y su ancho mínimo con sólo 5 Km en Punta Lobos cerca de Atico. Tiene un relieve ligeramente plano y ondulado, donde se alternan terrazas marinas y colinas bajas. La Cordillera de la Costa es un rasgo propio de la Costa del Sur del Perú, que se ubica paralela y muy cercana al Litoral con un ancho de 10 a 20 Km y con alturas de 1000 a 1500 m.s.n.m. Entre las Cordilleras Costera y Andina existe una faja de terreno llana y árida, que se denomina como “pampas” y, cortando transversalmente la Cadena Costera, discurren varios ríos permanentes o estacionales, que forman valles en los que se desarrolla intensa actividad agropecuaria, especialmente en los valles de ríos permanentes. Las Vertientes Occidentales del macizo andino están fuertemente erosionadas, con cañones estrechos y profundos y valles andinos angostos, y culminan en mesetas que se inician aproximadamente a los 3000 a 4000 metros sobre el mar. Las mesetas andinas conocidas como Punas, son áreas de perfil ondulado y extensión variable, que se ubican alrededor de los 3500 m.s.n.m. y están recubiertas por pastos de la Familia de las Poáceas. Emergiendo de las mesetas o punas, se presentan los relieves que constituyen la alta montaña andina, con cumbres que sobrepasan los 5000-6000 m.s.n.m. y que integran las cadenas conocidas como Cordillera Volcánica y la del

Chila; generalmente están cubiertas de hielo y nieves perpetuas. En el territorio de Arequipa hay 16 volcanes y nevados, 56 glaciales y más de 100 lagos, lagunas y bofedales.

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, que se basa en la relación entre la temperatura del aire y la precipitación pluvial, el clima de Arequipa es variado dependiendo de la altitud y de la fisiografía, predominando el clima templado cálido en la costa y el frío y seco en las partes altas.

La precipitación pluvial es mínima y estacional; se presenta durante el invierno entre los 0 y los 1200 m, se hace nula o casi entre los 1200 y los 2000 m.s.n.m., y luego comienza a aumentar con la altitud con precipitaciones desde 50-80 mm anuales a los 2 500 m. en Arequipa y en Zamácola (Aeropuerto), hasta los 600 o más mm anuales en Imata y Tisco a más de 3500 m, presentándose casi totalmente durante el verano.

En términos generales se puede afirmar que entre los 0 y los 3 400 m.s.n.m. llueve poco y que de acuerdo a la altitud hay 4 niveles de precipitación en esta zona; así de los 0 a los 1800 m.s.n.m. llueve 15 mm anuales en promedio, de los 1 800 a los 2300 m.s.n.m. llueve 70 mm, de los 2 300 a los 3100 m.s.n.m. caen 160 mm anuales y de los 3100 a los 3400 m.s.n.m. llueve 200 mm anuales en promedio. Por encima de los 3400 m.s.n.m. llueve más y la precipitación también sigue aumentando con la altitud, así entre los 3400 y los 3900 m.s.n.m. la precipitación anual promedio es de 350 mm, de los 3900 a los 4500 m.s.n.m. precipita 400 mm anuales y a más de 4500 metros de altitud la precipitación es de 600 o más mm anuales en promedio.

La temperatura es el elemento meteorológico más ligado a la altitud; en Arequipa hay temperaturas promedio anuales que van desde el tipo subtropical (19°C), a templado cálido y hasta polar (inferior a 1,5°C); el rasgo más notorio es la oscilación térmica diaria, que varía mucho más que las temperaturas promedio mensuales. En términos generales se puede afirmar que la temperatura es apropiada para la actividad biológica entre los 0 y los 3500 m.s.n.m., tornándose limitativa para plantas y animales no adaptados a bajas temperaturas, por encima de los 3500 metros de altitud. La humedad relativa es mayor en la franja cercana al litoral con 76% de promedio anual, que en el área que se extiende por encima de los 1 200 m de altitud, que es del 51% de promedio anual, y en las áreas por encima de los 3500 m.s.n.m. es del 37% de promedio anual. La humedad relativa sufre poca variación a lo largo del año en las zonas bajas cercanas al mar, en cambio a mayor altitud oscila fuertemente siendo mayor en el verano.

La evaporación promedio anual es de 860 mm de los 0 a los 1200 m de altitud, sube a 2400 mm anuales entre los 1200 y 1800 m y, disminuye a 1200 mm anuales en promedio en las alturas cordilleranas. La evaporación es mayor en el verano en las zonas bajas y en el invierno en las zonas de altura.

De las 6 352 763 ha que hay en la Región Arequipa, 117 344,31 ha corresponden a superficie agrícola (tierras de labranza, tierras con cultivo permanente y cultivos asociados), y 1 923 748,20 ha es superficie no agrícola (pastos naturales, montes y bosques y toda otra clase de tierra) (INEI, 1995).

El Departamento de Arequipa tiene una Biota autóctona o nativa y otra introducida o exótica, que están adaptadas a las condiciones de clima y suelos de Arequipa. Entre la Flora silvestre las familias mejor representadas son las Asteráceas, como el “suncho” o *Viguiera weberbauerii* el “chiri” o *Grindelia montana* y *G. glutinosa* y la “tola” o *Parastrephia quadrangulare* y *P. lepidophylla*; las Poáceas como el “ichu”, “paja brava” o “paja de puna” que son los nombres comunes de varias especies de los géneros *Stipa*, y *Festuca*, el “pasto” o *Pennisetum clandestinum* y la “cebadilla” o *Eragrostis peruvianus*, las Cactáceas también son importantes tanto por su diversidad en el Departamento, como por sus adaptaciones a la aridez, por lo que son características de la mayor parte del territorio arequipeño, siendo las más conocidas los “curis”, las “corotilla”, los “gigantones”, que son cactáceas que pertenecen a los géneros *Weberbauerocereus*, *Thephrocactus*, *Neoraymondia*, *Arequipa*, etc.

En la flora de Arequipa existen importantes elementos de reserva de variabilidad genética y valioso material de germoplasma como las solanáceas nativas (papas, tomates y ajíes silvestres) las leguminosas (tarwis y frejoles), árboles altoandinos (queñua, kolle, quishuar, aliso y lloque), árboles adaptados a la aridez (yaros o algarrobos, huarangos, arrayanes y taros), arbustos para protección contra la erosión y para regulación del rendimiento hídrico de cuencas (tola, paja de puna, cactáceas, etc...), plantas utilizadas en medicina tradicional o que contienen principios farmacéuticos (muña, huatacay, ortiga, etc.)

En la fauna nativa de Arequipa, entre los mamíferos destacan por su importancia económica y ecológica, los camélidos sudamericanos, especialmente la alpaca y la vicuña que tienen un enorme potencial económico para la Región y el País, que está sin utilizar adecuadamente. Además son importantes también el puma (*Puma concolor*), la taruca (*Hippocamelus antisensis*), el guanaco (*Lama guanicoe*), los lobos marinos (*Arctocephalus australis* y *Otaria byronia*), el lobo de río o huallaque (*Lontra felina*), el murciélago *Platalina genovensium*, que es endémico del Perú y del cual sólo hay poblaciones certificadas en Arequipa.

Se han registrado más de 300 especies de aves en el Departamento de Arequipa destacando el cóndor (*Vultur gryphus*), los patos andinos del género *Anas*, el suri o ñandú (*Pterocnemia pennata*), por estar en peligro de extinción, y las demás por su gran diversidad biótica, que hacen de Arequipa un lugar de gran importancia para la realización de estudios ornitológicos.

En reptiles son importantes por su abundancia y distribución el lagarto o lagartija (*Microlophus peruvianus*), varias especies de lagartijas de altura del género *Liolaemus* el gecko o salamanqueja (*Phyllodactylus gerrhopygus*), la víbora de la costa (*Bothrops pictus*), única especie venenosa de la herpetofauna regional, y la culebra común (*Tachymenis peruviana*).

En anfibios hay una especie endémica, la “rana” de los ríos Yura y Chili, *Telmatobius arequipensis*, y otras especies no endémicas del género *Telmatobius*, que se usan en medicina tradicional y como alimento; también es importante por su abundancia y distribución el sapo (*Bufo spinulosus*).

En peces destacan los peces marinos, principalmente los que se utilizan para la producción de harina de pescado y conservas, como la sardina, la anchoveta, el jurel,

la caballa etc., y los que se utilizan para consumo humano directo como la corvina, la cojinova, el pejerrey, el bonito. Entre los peces continentales destacan el pejerrey de río y los bagres, así como la trucha que fue introducida en nuestra región alrededor de 1950.

Entre los invertebrados destacan el camarón de río *Cryphiops caementarius* por su importancia en la economía de los valles costeros, así como también los moluscos marinos (lapas, choros, caracoles, etc.); también son importantes los insectos, por los daños que causan a los cultivos y por ser vectores de enfermedades, como los zancudos y las chirimachas.

En el ambiente de Arequipa los rasgos más importantes son la aridez, el relieve abrupto y el gradiente altitudinal, por lo que en su territorio hay una gran diversidad ambiental, con cambios muy marcados en reducidos espacios.

Arequipa y la Desertificación

Debido a que la mayor parte del territorio de Arequipa es árido o semiárido, que mas del 90% de su población vive en esas zonas y que casi toda su actividad económica se realiza allí, la Desertificación es el proceso de degradación ambiental mas importante que amenaza a sus ecosistemas, por lo que las actividades de Detección, Control y Combate de la Desertificación, tienen que ser parte indispensable de cualquier actividad de Planificación o de Desarrollo Regional.

Los Ecosistemas de Arequipa

Si bien es cierto que se puede afirmar que “cualquier parte o porción del ambiente en el cual existan seres vivos que están interactuando con su entorno, puede considerarse como un ecosistema”, en este artículo vamos a considerar como ecosistema a los grandes paisajes del territorio de Arequipa, o sea a aquellos en los cuales existan comunidades bióticas mayores. Para este objeto vamos a utilizar como procedimiento ordenador, el arreglar los ecosistemas de Arequipa en un transecto altitudinal transversal al litoral del Departamento, que se inicia en Matarani sigue por la ciudad de Arequipa y continúa por la Cordillera Occidental en dirección a Tintaya en el Cuzco, en el cual encontraremos los siguientes ecosistemas: (Fig. 1)

I. Litoral Desértico.- Caracterizado por tener precipitaciones escasas de menos de 30 mm anuales, alta humedad relativa, suelos pobres y salinos con reducida vegetación formada por cactáceas y herbáceas anuales. Este ecosistema se vuelve muy productivo cuando se le proporciona agua de riego, como en la irrigación de La Ensenada-Mejía. La fauna está compuesta de insectos, arácnidos, lagartos, zorros costeros que bajan desde las lomas, y aves playeras, que forman la categoría más importante de la fauna de este ecosistema. (Foto 1).

Fig N° 1. Ecosistemas de Arequipa: Transecto Matarani-Arequipa-Tintaya

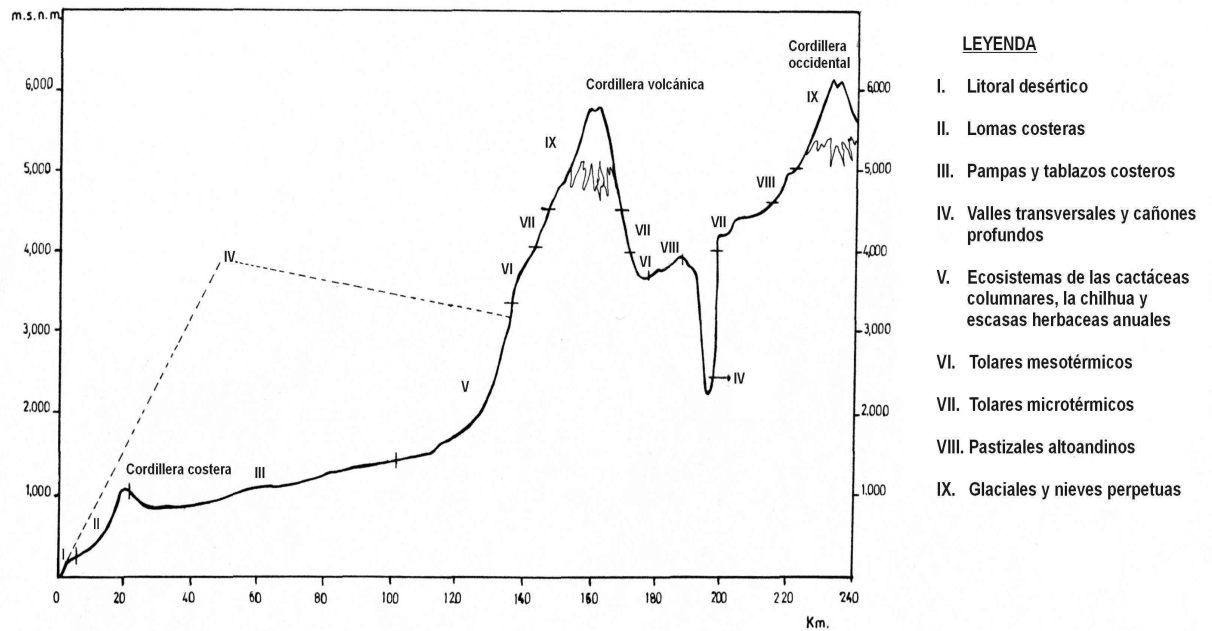


Foto 1. Litoral Costero cerca de Chala con playa de arena y acantilados rocosos.

II. Lomas Costeras o simplemente “Lomas”.- Son un ecosistema particular de las costas del Perú y del Norte de Chile, que está formado por una comunidad vegetal cuyos estratos superiores se mantienen gracias al agua que obtienen de las neblinas. Esta es la explicación para la presencia de bolsones vegetación, en las colinas y laderas de algunos sitios de la cadena costera, en las cuales los registros de precipitación en años “normales” no sobrepasan los 30 mm anuales. En muy pocas

partes del mundo se presenta esta adaptación, y en el Sur del Perú, especialmente en el Departamento de Arequipa, están distribuidas las lomas más extensas, variadas y las más importantes, tales como las de Atiquipa Acarí., Camaná, Quilca, Arantas, Matarani, Tambo, El Fiscal, Yerbabuena, etc.

Entre las plantas de las lomas, los árboles son importantes ya que por medio de sus superficies foliares, ramillas y otras estructuras, actúan como “atrapanieblas” o como “trampas de humedad”, que captan agua de las neblinas incorporándola al metabolismo de la comunidad, y a cuya sombra se desarrollan varias especies herbáceas. Los árboles característicos de las lomas son el Taro, *Caesalpinia spinosa*, el Mito, platanillo o papaya silvestre, *Carica candicans*. el Arrayán, *Myrcianthes ferreyrae*, entre los arbustos destacan los géneros *Proustia*, *Heliotropum*, *Duranta*, *Cytharexylum*, etc. y entre las herbáceas son características el suncho, *Viguiera weberbaueri*, el chiri, *Grindelia glutinosa*, las malvas, *Tarasa spp*, etc.

En la fauna destacan los insectos, sobre todo cuando hay mucha vegetación herbácea, siendo los órdenes más importantes los coleópteros, dípteros, lepidópteros, himenópteros, hemípteros, etc., también hay lagartos, gran diversidad de aves que se trasladan entre las lomas y los valles costeros y el litoral, murciélagos, ratones, zorros. (Foto 2).



Foto 2. Lomas Costeras. La fotografía corresponde a las lomas de la Quebrada de Yuta (o Lluta), cerca de Matarani en el año 1992. Nótese los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo.

III. Pampas y Tablazos Costeros.- Están situados a 20 o más kilómetros del mar, entre los 1000 y 1500 hasta 1800 m de altitud, prácticamente sin precipitaciones, constituyen uno de los desiertos más absolutos del planeta. Su comunidad biótica está formada por cactáceas, escasos arbustos xerofíticos y algunas Poáceas (gramíneas), unos pocos insectos, algunas arañas y alacranes, salamanquejas y lagartos en bajas densidades, y unos pocos ratones del género *Phyllotis*. Es en estos tablazos donde se

esta produciendo la ampliación de la frontera agrícola por irrigación, (Santa Rita de Sigüas, La Joya, Majes, La Cano), con el consiguiente aumento de la producción Agropecuaria, pero también generando un serio problema: el incremento de la salinidad de las aguas subterráneas y la salinización de muchas tierras de las partes bajas de estos tablazos. (Foto 3).



Foto 3. Pampas y Tablazos Costeros en las cercanías de Atico. Son visibles los efectos del arrastre de material debido a las fuertes precipitaciones provocadas por “El Niño” gigante de 1983.

IV. Valles Transversales y Cañones Profundos.- Los valles transversales se originan por la acción erosiva de los ríos que bajan de la Cordillera Occidental de Los Andes, atraviesan las pampas desérticas y el litoral y entregan sus aguas al mar. En las márgenes de los ríos se establece una vegetación arbóreo-arbustiva, que se denomina “Monte ribereño”, que está conformada por Sauces, *Salix sp*, pájaro bobo o callacas, *Tessaria integrifolia*, el algarrobo, *Prosopis pallida*, la chilca, *Baccharis spp*; entre los que suele encontrarse o se solía encontrar a los lobos de río o “Huallaques”, *Lontra felina*, numerosas aves y algunos roedores. Esta comunidad biótica ha sufrido una seria degradación y casi ya no existe, pues los árboles han sido talados para usarlos como leña o para otros fines, y el suelo es dedicado a actividades agrícolas en los valles costeros, especialmente en los de los ríos de carácter permanente en donde se desarrolla una intensa actividad agropecuaria (Majes, Camaná, Ocoña, Tambo, Quilca, etc.).(Foto 4).



Foto 4. Valles transversales. Parte media del Valle de Tambo, con cultivos de papa, camote, cebolla y otros productos de pan llevar.

Los ríos que se inician en los glaciales y en las altas cumbres de la Cordillera Occidental, forman profundos cañones y estrechos valles andinos; en las riberas de los ríos se forman montes ribereños, similares a los de los valles costeros. En los valles andinos también hay gran actividad agraria, aprovechando su condición abrigada y altura sobre el mar, para desarrollar cultivos frutícolas y hortícolas. (Foto 5).



Foto 5. Valles transversales con profundos cañones cerca de Tapay (Valle y Cañón del Colca).

V. Ecosistema de las Cactáceas Columnares, la Chilhua y escasas Herbáceas Anuales. - Se encuentran entre los 1800 a los 2500 y a veces 2800 m de altitud, con una precipitación de 50 a 80 mm anuales, caracterizado por la presencia de cactáceas de tamaño grande de porte arbóreo o arbustivo, de los géneros *Neoraimondia*, *Bromwningia*, *Weberbauerocereus* y *Corryocactus*, la “Chilgua o Romerillo”, *Ambrosia (Franseria) fruticosa*, varias especies herbáceas del género *Nolana*, con presencia de insectos, arácnidos, lagartos, aves y roedores, entre los que destaca la vizcacha, *Lagidium peruanum*. A este ecosistema también se le ha denominado como el piso inferior de las Vertientes Occidentales (Weberbauer, 1945). (Foto 6)



Foto 6. Ecosistema de las Catáceas Columnares, la Chilhua y escasas Herbáceas anuales. Parte alta del valle de Aplao.

VI. Tolares Mesotérmicos. - Entre los 3400 y los 4000 m.s.n.m., con precipitaciones más abundantes de alrededor de 250 mm anuales, con presencia característica de varias especies de tola pertenecientes al género *Parastrephia*. En la actualidad este ecosistema se encuentra en un estado de deterioro muy severo, especialmente aquellos lugares mas cercanos a la ciudad de Arequipa, debido a que toda esta vegetación ha sido extraída para ser utilizada como combustible en los hornos de las panaderías. En las zonas alejadas de los centros poblados aun es posible hallar en mejores condiciones a esta comunidad biótica, pero con una creciente presión para explotar este importante recurso vegetal. Además de tola hay varias especies de arbustos espinosos del género *Adesmia*, el chiri chiri de altura, *Grindelia montana*, con una fauna más diversa, variada y abundante que la de los ecosistemas anteriores, entre los que destacan varias especies de roedores andinos. (Foto 7).



Foto 7. Tolares Mesotérmicos de los alrededores del nevado de Chucura, en el camino a Chivay.

VII. Tolares Microtérmicos. - Se ubican entre los 3800 y 4500 m de altitud y con una precipitación de alrededor de 300 mm anuales; están caracterizados por la tola que es un arbusto resinoso que pertenece al género *Parasthrephia* y por manchones de Poáceas, como *Stipa ssp*, *Festuca spp* que se alternan en la cobertura vegetal, pero también hay otras especies de plantas arbustivas, como *Baccharis odorata*, y herbáceas como los *Senecios* de altura. En las laderas abruptas o en sitios inaccesibles, aun se puede encontrar bolsones relictos de Queñua, *Polylepis* sp. (Foto 8).



Foto 8. Tolares Microtérmicos, en las faldas del nevado Pichu-pichu. Nótese la presencia de tola (*Parasthrephia* sp.) y Q'ëñua (*Polylepis* sp.).

VIII. Pastizales Altoandinos.- En las zonas relativamente planas u onduladas entre los 3800 y los 5000 m de altitud, con precipitaciones entre 300 y 450 mm anuales, se presentan los pastizales, que están formados por varias especies de los géneros *Stipa*, *Festuca*, *Senecio*, *Nototriche*, etc., que albergan una variada fauna entre las que destacan las tarucas, *Hippocamelus antisensis*, los guanacos, la vicuñas, los zorros andinos, *Pseudalopex culpaeus*, el puma, *Puma concolor*, etc. Dentro de éste ecosistema encontramos los bofedales o “humedales altoandinos”, importantes por su alta productividad de pastos palatables para los camélidos, entre los que mencionamos a *Alchemilla pinnata* y *Distichia muscoide* (Foto 9).



Foto 9. Pastizal Altoandino en las pampas de San José de Uzuña, distrito de Polobaya.

IX. Glaciales y Nieves Perpetuas.- A más de 4500 m de altitud, con temperaturas permanentemente bajas, en las cumbres con hielos y nieves perpetuas. En el límite inferior de este ecosistema y en las laderas de las cumbres, hay grupos de yareta, *Azorella spp* y manchones de ichu o paja de puno, *Stipa spp* y *Festuca spp*. La fauna está formada por lagartos de altura del género *Liolaemus*, ratones andinos, y cóndores, *Vultur gryphus*. (Foto 10).



Foto 10. Glaciales y Nieves Perpetuas en la Cordillera del Chila.

En el Departamento de Arequipa hay de 26 a 28 zonas de vida del sistema Holdridge, lo que corresponde el 30 % de la diversidad de zonas de vida del Perú, enmarcadas en dos fajas latitudinales, la Subtropical y la Templado cálida y 6 pisos altitudinales: Basal, Montano Bajo, Montano, Subalpino, Alpino y Nival.

Oferta Ambiental y Vocación Ecológica de Arequipa

En función a las características ambientales de Arequipa y a sus grandes ecosistemas, podemos determinar que la oferta ambiental de Arequipa esta constituida principalmente por:

- El litoral marino departamental más extenso del Perú y los recursos pesqueros que alberga, así como sus extensas playas.
- Las lomas costeras más grandes y variadas del Perú, con su enorme reserva de variabilidad genética y de germoplasma de especies adaptadas a la aridez extrema.
- Los valles costeros con sus ricos suelos aluviales, su sistema de riego y las poblaciones más numerosas del Perú del camarón de río (*Cryphiops caementarius*).
- Los valles andinos, con sus impresionantes cañones, catalogados entre los más profundos del planeta, así como sus hermosos andenes, considerados como los mejor conservados del Perú.
- Los extensos pastizales altoandinos y una importante población de alpacas
- El clima de las zonas comprendidas entre los 0 y los 2 000 m.s.n.m., que al no tener temperaturas inferiores a 6°C ni mayores a 35°C en ningún momento del año, asemejan a un gran invernadero en condiciones naturales.

- El agua de sus ríos, que se originan y se almacenan en las altas cumbres y glaciales de sus cordilleras, con un prometedor potencial hidroenergético y de riego, previa regulación de su régimen anual.
- Importantes recursos minerales cordilleranos (de las cordilleras Costera, Volcánica y Andina).

Combinando las características ambientales de Arequipa con su oferta ambiental, podemos definir su vocación ecológica como orientada a:

- Producir grandes cantidades de recursos pesqueros especialmente:
 - Anchoqueta y sardina, que deben ser utilizadas para el consumo humano directo, especialmente de las personas de menor capacidad económica y no ser desperdiciados como en la actualidad, al ser transformados en harina de pescado, para alimentación de pollos, cerdos y vacunos.
 - Corvina, lenguado y otros pescados de consumo humano directo.
 - Mariscos como lapas, tolinas, machas y erizos.
 - Albergar una intensa Maricultura con mariscos y peces de consumo humano directo.
- Desarrollar una agricultura costera especializada en la producción de frutas y hortalizas subtropicales y templado cálidas, sin limitaciones estacionales y durante todo el ciclo anual, que para ser sostenible, debe utilizar abundante materia orgánica y pocos insumos externos al ecosistema (especialmente los fertilizantes sintéticos y los pesticidas químicos).
- Desarrollar una poderosa actividad minera y metalúrgica, especialmente del oro, plata y cobre, que debe disminuir al mínimo sus actuales impactos ambientales negativos.
- Mantener una fuerte industria textil, basada en la utilización de la lana de alpaca, de la fibra de vicuña y del algodón.
- Sostener una agricultura andina especializada en la producción de maíz, papa, ají, quinua, cañihua, kiwicha y otros cultivos andinos principalmente, pero también de frutas andinas como lúcuma, chirimoya y tuna, esta última tanto para la producción de fruta como de cochinilla.
- Ofrecer oportunidades para desarrollar una gran actividad turística, apoyada en el turismo científico, el ecoturismo y el turismo receptivo, basados en la diversidad ambiental y cultural, en la singularidad de las lomas costeras, la espectacularidad de sus profundos cañones y andenes andinos, sus volcanes y nevados, sus desiertos extremos y su arquitectura colonial.

Finalmente debemos señalar que independientemente de la oferta ambiental y de la vocación ecológica de Arequipa, su principal recurso es su población, que estamos seguros sabrá encontrar la manera de utilizar su ambiente para producir bienestar, de manera sostenible para sí misma y para beneficio de las siguientes generaciones.

Referencias Bibliográficas

1. **Díaz, P.** 1978. Recursos Naturales del Perú (antología). Retablo de Papel Lima Tomos I y II.
2. **Dourojeanni, M.** 1986. Gran Geografía del Perú. Recursos Naturales. Manfer. Vol.4. Lima.
3. **INEI.** 1995. II Censo Nacional Agropecuario – Resultados Definitivos. Departamento de Arequipa. Vol 12. Tomo I. Lima.
4. **Jiménez, P., F. Villasante & W. Galiano.** 1987. Flora Estacional de los alrededores de Arequipa (Lista Preliminar). Zonas Andas N^o5.
5. **Linares, E.** 1991. Flora de la zona comprendida entre Yura y Chivay (2600-4800 msnm) Arequipa 1987-1990. Tesis de Bachiller en Ciencias Biológicas UNSA.
6. **ONERN.** 1973. Inventario, evaluación y uso racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuenca del río Camaná-Majes. Vol. II. Lima.
7. **ONERN.** 1974. Inventario, evaluación y uso racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuencas de los ríos Quilca y Tambo. Vol. I-II-III. Lima
8. **ONERN.** 1975. Inventario, evaluación y uso racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuencas de los ríos Atico, Caravelí y Ocoña. Vol. I. Lima.
9. **ONERN.** 1975. Inventario, evaluación y uso racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuencas de los ríos Acarí, Yauca, Chala y Chaparra. Vol. I-II-III. Lima. **ONERN.** 1976. Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima.
10. **Péfaur, J.** 1978. Composition and structure of communities in the Lomas of Southern Peru. Ph.D. dissertation Kansas University USA.
11. **Péfaur, J., P. Jiménez & B. Cáceres-Péfaur.** 1993. Representación gráfica del clima de Arequipa. UNSA, Serie Ecología. Arequipa.
12. **Pulgar, J.** 1975. Geografía del Perú. Las ocho regiones Naturales del Perú. Universo, Lima.
13. **Roswtorowsky M.** 1981. Recursos Naturales Renovables y Pesca siglos XVI-XVII. LEP. Lima.
14. **Talavera C., P. Jiménez & F. Villasante.** 1984. El recurso forestal en la Región Arequipa: Diagnóstico y posibilidad. 57 1-590. En: Perú el problema Agrario en debate SEPIA V. Lima.
15. **Vargas, C.** 1940. Formaciones Vegetales del Departamento de Arequipa. Bol. Mus. Hist. Nat. Javier Prado, Año IV, N^o 14, Lima.
16. **Vargas, D.** 1987. Flora y Vegetación altoandina (Tisco-Caylloma). Tesis Biólogo UNSA.
17. **Villasante, F.** 1985. Flora y Vegetación Estacional de los cerros “Callapa”, “Quisco” y “Cancahuani” (Sabandia-Characato). Tesis de Bachiller Ciencias Biológicas UNSA.
18. **Weberbauer, A.** 1945. El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Min. de Agricultura, Lima.

Minería Metálica en Piura: Elevado Riesgo Innecesario para una Región Agraria de Zonas Aridas

Fidel Torres Guevara¹

¹ Biólogo - Fisiología Vegetal. Tel: 074-302275. E-mail: tr9096@ec-red.com

Resumen

Piura es una región ecológicamente frágil, densamente poblada y agrariamente muy atractiva; sin embargo, el Estado pretende transformarla en una región minera, lo que iniciará un inevitable proceso de desertificación. A los efectos de destrucción inmediata que originará la actividad minera, se le sumarán factores ambientales no controlables como la intensa actividad eólica y El NIÑO, lo que producirá que los desperdicios minerales contaminen aire, suelo y agua. El bosque seco de Piura constituye la principal formación vegetal de la costa peruana, y exige que las actividades humanas sean sostenibles de manera de evitar la desertificación. La explotación minera a tajo abierto requiere eliminar la protección vegetal, lo que provocará la elevación de la temperatura ambiental e incrementará la velocidad de los vientos, aumentando la erosión eólica y el arrastre de partículas metálicas hacia áreas agrícolas y urbanas; adicionalmente, eliminará los bancos de semillas del suelo. La historia ha demostrado que no existe medida de previsión ni infraestructura que resista los embates de EL NIÑO, por lo que toda medida de contingencia está en alta incertidumbre para evitar la contaminación. Los denuncios mineros superan las 600,000 ha, afectando no sólo al bosque seco y las zonas agrícolas, sino también a las nacientes de las principales cuencas y a reservorios como Poechos y San Lorenzo. La minería no absorberá la mayor parte de la mano de obra que será desplazada de otras actividades económicas. Es necesario que la ciudadanía decida sobre sus opciones de desarrollo, considerando los factores de alto riesgo que cada actividad conlleva.

Palabras clave: bosque seco, agricultura, opciones de desarrollo, minería, desertificación.

Abstract

Piura is an ecologically fragile region, densely populated and agrarianly very attractive; however, the State seeks to transform it in a mining region, what will begin in an unavoidable desertification process. To the effects of immediate destruction that will originate the mining activity, they will not be added environmental factors controllable as the intense eolic activity and "El Niño", what will produce that the waste minerals contaminates air, floor and water. The dry forests of Piura constitute the main vegetable formation of the Peruvian coast, and it demands that the human activities are sustainable in a way of avoiding desertification. The mining exploitation to open cut requires eliminate vegetative protection, what will cause the elevation of the environmental temperature and will increase the speed of the winds, increasing the eolic erosion and the haulage of metallic particles toward agricultural and urban areas; additionally, it will eliminate the seeds banks of the soil. The history has demonstrated that it doesn't exist forecast measure neither infrastructure that resists "El Niño" embates, for what all contingency measure is in high uncertainty to avoid the contamination. The mining denuncies overcomes the 600,000 ha. there is, not only affecting the dry forest and the agricultural areas, but also the nascent of the main basins and reservoirs like Poechos and San Lorenzo. The mining will not absorbe most of the manpower that will be displaced of other economic activities. It is necessary that the citizenship decide on its development options, considering the factors of high risk that each activity bears.

Key words: dry forest, agriculture, developmental options, minery, desertification.

Realidad agraria de un proyecto minero

La pretensión de transformar a Piura en una región minera, exige que la ciudadanía directamente implicada en ello tome decisiones sobre sus opciones de desarrollo considerando los principales factores de ALTO RIESGO que implica este caso concreto de gestión de cuencas y de bosques en un agroecosistema calificado por especialistas e instituciones privadas y estatales, como FRÁGIL, frente a los procesos de desertificación por actividades extractivas inadecuadas en una región que además es densamente poblada y agrariamente muy activa.

Según el censo de 1993; el agro piurano tiene la capacidad de emplear a 154,147 personas que significa el 37.1% de la población económicamente activa del departamento más poblado del Perú después de Lima; asimismo la contribución del agro de Piura al PIB departamental ha mejorado del 13.5% en 1979 al 16.8% en 1996. Es el departamento de costa con mayor porcentaje de población dedicada a labores agropecuarias que además, en la actualidad es referente de desarrollo agrario costero para el Perú (Ginocchio, 2002). A pesar de las desfavorables condiciones para competir en los mercados nacionales e internacionales, en los últimos 12 años, el agro de Piura, a excepción del algodón, ha logrado incrementos de superficie cultivada, cosechada y de producción en sus principales cultivos como arroz, limón, mango, plátano, café y maíz (Gráficos. 1, 2,3). Sólo en el Valle de San Lorenzo, cuyo valor en activos representa \$USA 110'540,408 millones, la actividad agraria genera un ingreso equivalente a \$USA 41'626,534 millones que **sí** se integran al mercado interno de Piura y ocupan a 6,546 familias o unidades agropecuarias (Aste; Juan.2002) de las 11,400 existentes en el valle. Capacidad de generación de empleo que puede afectarse severamente si se pretende establecer un asiento minero en el mayor núcleo del agro nacional, donde el Estado peruano ha realizado una de las mayores inversiones en ampliación de frontera agrícola (Chira-Piura y San Lorenzo) en nuestra historia republicana (Rossi; 2001); y si se considera que en términos de *superficie agrícola actual en uso*, Tambogrande representa el 37.5 % para Piura, y el agro de Piura constituye el 22.1 % para al Perú (Atlas Geográfico y Económico. 1998).

Las frutas son básicas en la dieta y nutrición de la población a lo largo y ancho del país. La fruticultura es fuente de trabajo para miles de familias que encuentran en esta actividad un medio de vida. Según los más recientes reportes del Ministerio de Agricultura, existen en Piura 39,906 has de frutales. Las frutas de Piura cuentan con ciertos atributos de calidad que son resultado del clima de Trópico Seco, condición ambiental que resalta su aroma, sabor, presencia y concentración de sólidos solubles. Chulucanas y San Lorenzo, han irradiado esta dinámica productiva tan importante para el futuro de Piura. Luchando contra la costumbre de los cultivos de temporada y apoyados por programas de financiamiento de largo plazo de la banca estatal de fomento, estos productores realizaron importantes inversiones para instalar sus plantaciones, acumulando cifras de capitalización jamás observadas en la historia de la inversión privada en Piura. En estas inversiones han participado masivamente pequeños y medianos productores lo que le confiere también a la fruticultura una alta relevancia social (Ginocchio; L. 2002).

La instauración de la minería metálica DENTRO del único bosque seco del Perú y SOBRE la intensa actividad agraria y urbana de Piura, significa introducir un SISTEMA EXTRACTIVO de recursos que necesariamente tiene que desestructurar el complejo SISTEMA PRODUCTIVO agropecuario y natural de un bosque, que junto

con ciudades densamente pobladas, se encuentran sobre los yacimientos minerales que quieren extraer.

Los esfuerzos de planificación y concertación de productores, poblaciones e instituciones públicas y privadas de este departamento por construir estrategias de desarrollo sostenible, se exponen a un **ELEVADO RIESGO INNECESARIO** para lograr sus objetivos de desarrollo regional.

Gráfico 1. Superficie Sembrada de los Principales Cultivos de Piura

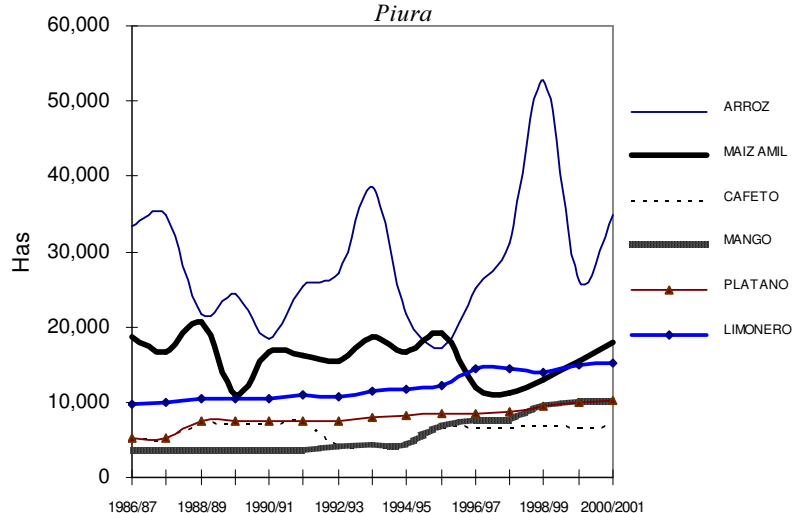


Gráfico 2. Superficie Cosechada de los Principales cultivos de Piura

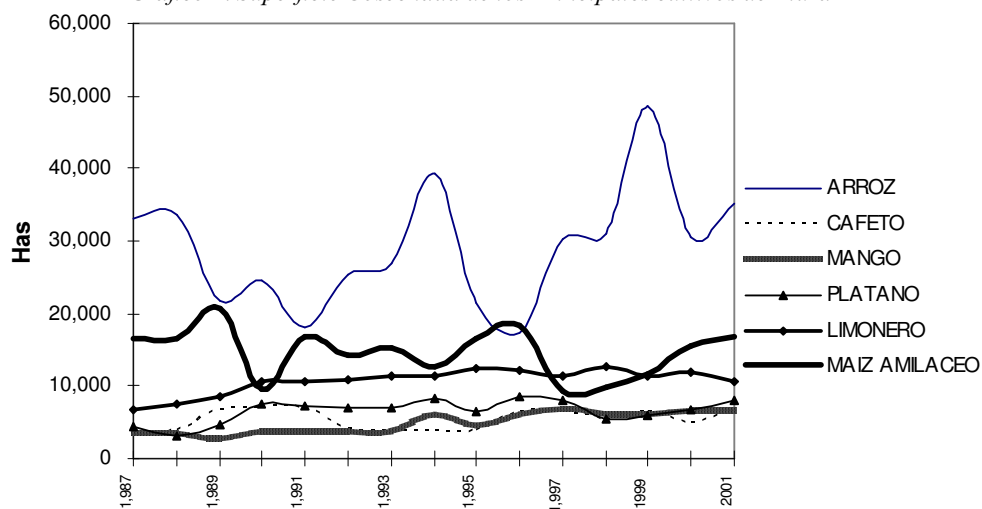
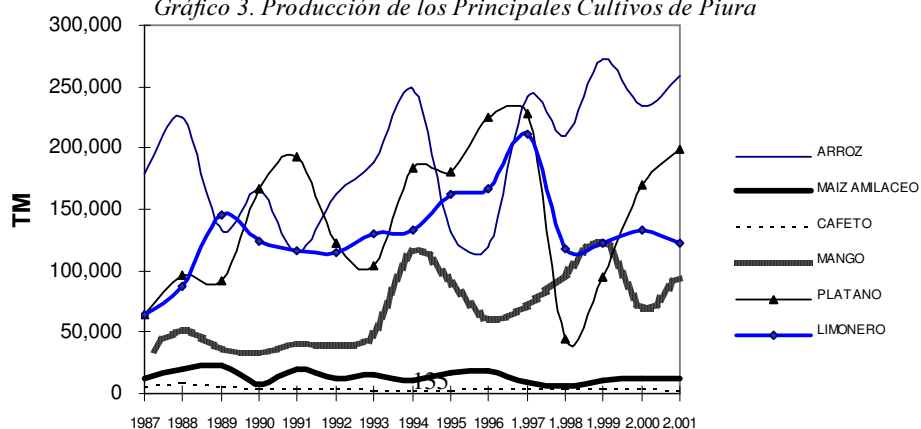


Gráfico 3. Producción de los Principales Cultivos de Piura



Principales Riesgos de la Minería Metálica para el Agro ecosistema de Piura.

1. ***Bosque Seco: ecosistema frágil que exige actividad humana sostenible en la lucha contra la desertificación.***

La desertificación, actualmente es uno de los problemas más importantes del mundo. En el Perú, las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas abarcan el 38% del territorio y en ellas se asienta el 90% del total de la población peruana; estas zonas constituyen ecosistemas frágiles sumamente vulnerables a las actividades humanas inadecuadas. Por estas características ecológicas, el Perú es un país propenso a sufrir procesos de desertificación y es uno de sus problemas fundamentales, razón por la cual ha sido uno de los primeros cinco países en firmar la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación.

Los bosques secos de Piura y Lambayeque constituyen la principal formación vegetal natural de la franja costera del Perú; es una frágil cobertura vegetal fundamental para mantener los principales ciclos naturales de la costa norte (ciclo de nutrientes, hidrológico y biológico), donde además; se asientan aproximadamente 35 mil familias que enfrentan un preocupante proceso de desertificación que solo podrán ser compensados con procesos naturales, como el Fenómeno de EL NIÑO, bien aprovechados.

Por tales razones, “Los profesionales, estudiantes y gestores de América Latina, Estados Unidos y África convocados por el Proyecto Algarrobo para participar en el ***Seminario Internacional de Bosques Secos y Desertificación*** ...en la ***Declaración de Lambayeque***, afirmaron su convicción de que las alternativas viables para un uso racional de los recursos del bosque seco parten de la responsabilidad que asuman quienes lo habitan” (Vera Tudela, J.; Torres, J.; Cuba, A.; Calderón, W.; Díaz, A.; Giesecke, A. 1999). A finales del año 2001, se aprueba el reglamento de la Ley Forestal, el mismo que, al referirse a los Planes de Manejo del Bosque Seco, establece que estos deben ser formulados y ejecutados con la participación de la población residente en los bosques secos (Coronel, W. y Pretell, F. 2002)

En el caso del Perú el proceso de desertificación tiene un importante contenido político-económico por estar vinculado al firme propósito del estado, y gobiernos poco creativos, de estructurar la economía nacional en base a la rentabilidad de la minería metálica, que se ha constituido en uno de los factores más importantes del proceso de degradación de los frágiles ecosistemas de montañas (Torres, J. 2000).

Rasgo notable del Departamento de Piura, como de todo el país, es su gran diversidad biológica y ecológica de las que reporta 17 de las 84 zonas de vida reconocidas para el Perú en sus regiones de Sierra, Costa y Litoral (Mapa 1). La gran inestabilidad climática, razón de la existencia de un bosque seco ha llevado a considerar a este ecosistema como FRAGIL, es decir, a punto de desestructurarse, considerada a nivel nacional por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1986) como una de las AREAS CRITICAS AMBIENTALES del Perú (CEPESER, 1991).

En el marco de las políticas ambientales y de manejo de recursos del Estado peruano, especialmente del Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación que refleja las políticas generales de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha

Contra la Desertificación; **INRENA-Proyecto Algarrobo** asumió la realización del **SEMINARIO INTERNACIONAL BOSQUE SECO Y DESERTIFICACIÓN** en noviembre de 1997 en la ciudad de Piura. En este evento fue de especial preocupación proponer alternativas para disminuir la PRESION EXTRAREGIONAL sobre los recursos forestales destinados a leña y envases de fruta para transporte. Esto adquiere mayor relevancia si se trata de la eliminación de miles de hectáreas de bosque que requiere la extracción minera metálica bajo el sistema de cielo abierto.

Los bosques de Tambogrande representan un área de gran potencial agrario, "...ecológicamente hablando, sus fuentes de agua, quebradas y demás ambientes naturales ofrecen hábitats que representan uno de los pocos refugios para especies que poco a poco se han ido retirando debido a la ocupación humana..." (*Velásquez, D. 1993*). Si en términos ecológicos, estas áreas tienen la importancia suficiente como para considerar con sumo cuidado las estrategias para hacer compatible su conservación con el desarrollo, tiene mayor relevancia lo que sucederá con la eliminación diaria de decenas de hectáreas de bosque bajo explotación minera metálica.

Los bosques secos de Piura pierden actualmente una superficie de 14,000 ha anualmente debido a la extensiva tala por las familias que se asientan en ellos (*Cuba, A. 1997*) lo que significa un preocupante escenario de proceso de desertificación (*idem 4*). La concesión de 600,000 ha de denuncios mineros en esta misma región ecológica ampliará a niveles asombrosos este proceso de deforestación y de DESERTIFICACION ya que las poblaciones que actualmente viven del uso y comercialización de leña NO SERAN ABSORBIDOS laboralmente por la actividad minera sino DESPLAZADAS por ella. Es decir, que a la situación actual, se ADICIONARA la IRREVERSIBLE desertificación por los tajos abiertos que remueven el suelo centenas de metros de profundidad que definitivamente eliminará los bancos in-situ de semillas existentes en los diferentes estratos de la superficie del suelo (*Vera Tudela, J.; Trias, J.; Morales, G.; Albán, L.; Romero, J.; Matorel, M. y Peña, E. 1999*). Sin embargo; es posible REVERTIR la degradación por la tala de consumo y venta de leña mediante los sistemas de manejo sostenible del bosque seco que diversas instituciones (ONG's) e INRENA han diseñado y comprobado para aprovechar la acción renovadora de EL NIÑO que reactiva las reservas de semillas no tocadas por la tala.

A pesar de su fragilidad estos ecosistemas ofrecen posibilidades económico-productivas para las poblaciones que los habitan (*Cuba, A. 1999*). Proteger y conservar estos recursos implica una intervención orientada al manejo sostenible de los bosques desde una perspectiva productiva competitiva que tenga como condición necesaria, la conservación del bosque como capital natural para actividades como la ganadería menor dependiente de la algarroba y la hojarasca para la producción de carne, leche y derivados como el queso; la apicultura que depende de la floración del bosque para la producción de miel y la propia algarroba como materia prima de alimentos concentrados.

Una razón frecuentemente argumentada es que las zonas de explotación son puntos específicos y restringidos dentro de las áreas de concesión y que no afectan a las áreas aledañas, o que son puntos insignificantes en relación a la amplitud del territorio de Piura o del bosque seco. **EL PROBLEMA CENTRAL QUE ENFRENTA PIURA ES LA**

PRETENCION DE TRANSFORMAR ESTE DEPARTAMENTO AGRARIO EN UNA PROVINCIA MINERA, no se trata de un solo pueblo, con una sola empresa minera y con un solo punto de operación, sino de una RED DE EMPRESAS MINERAS (Tabla 1 y Mapa 2) con una superficie denunciada superior a las 600,000 has, distribuidas en zonas altamente frágiles del bosque seco y de las nacientes de las grandes cuencas del departamento ubicadas en la zona andina.

Tabla 1. Empresas mineras con concesiones en Piura.

TITULARES	Concesiones	Has	TITULARES	Concesiones	Has
Cia. Minera MANHATTAN S.A.	80	96.000	MONERO PERU	10	10.500
Cia. Minera NORTH S.A.	38	36.800	SUR MINERA PERUANA S.A.	5	4.200
Cia. Minera URUMALQUI S.A.	23	19.999	CEDEMIN S.A.	7	3.200
Cia Minera BUENAVENTURA S.A.	15	13.800	CIA MINERA ARGENTO S.A.	2	2.000
LLANOS VIDAL FANY AUGUSTA	12	10.500	JOAQUIN CORQUERA A.	1	1.000
LAUMACHE 8	1	1.000	OTRAS		405.000

Fuente: Cia. Minera Manhattan

De acuerdo a las diferencias conceptuales entre efectos e impactos, en el caso de los proyectos mineros de extracción de metales en el sistema de tajos abiertos en Piura, por su ubicación dentro de agroecosistemas altamente productivos (Mapa 3) y densamente poblados no habrían impactos sino EFECTOS de destrucción inmediata, a lo que se suma la intervención de FACTORES AMBIENTALES NO CONTROLABLES por esta tecnología, para evitar la dispersión regional de la contaminación. De un lado, por la intensa actividad eólica (vientos) que caracteriza a Piura; y de otro, el FENOMENO EL NIÑO que ha demostrado ser un agente devastador de cuanta infraestructura ha encontrado, y que haría de los grandes depósitos desperdicios minerales expuestos libremente, verdaderas amenazas a la seguridad ambiental regional por la inevitable contaminación que sufriría el sistema hidrológico fluvial (ríos) y acuífero (aguas subterráneas) por desechos y efluentes químicos productos de la extracción y procesamiento mineral.

Mapa 1. Agro ecosistemas de Montaña y Costa de Piura

Zonas y Recursos Naturales del Departamento de Piura



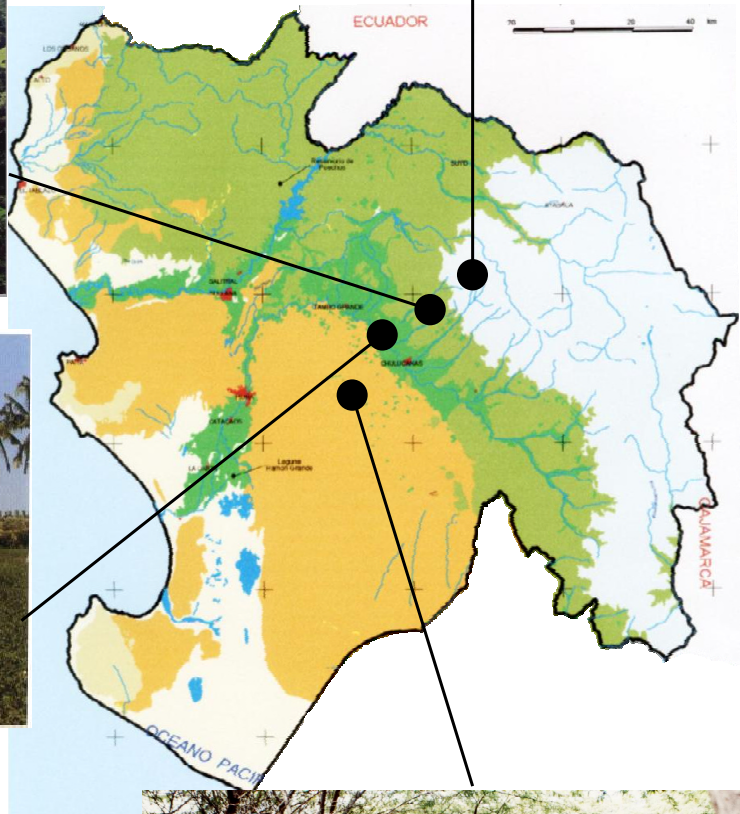
Páramo sub-húmedo 3,200 msnm



Bosque húmedo 1,200 a 2,500 msnm

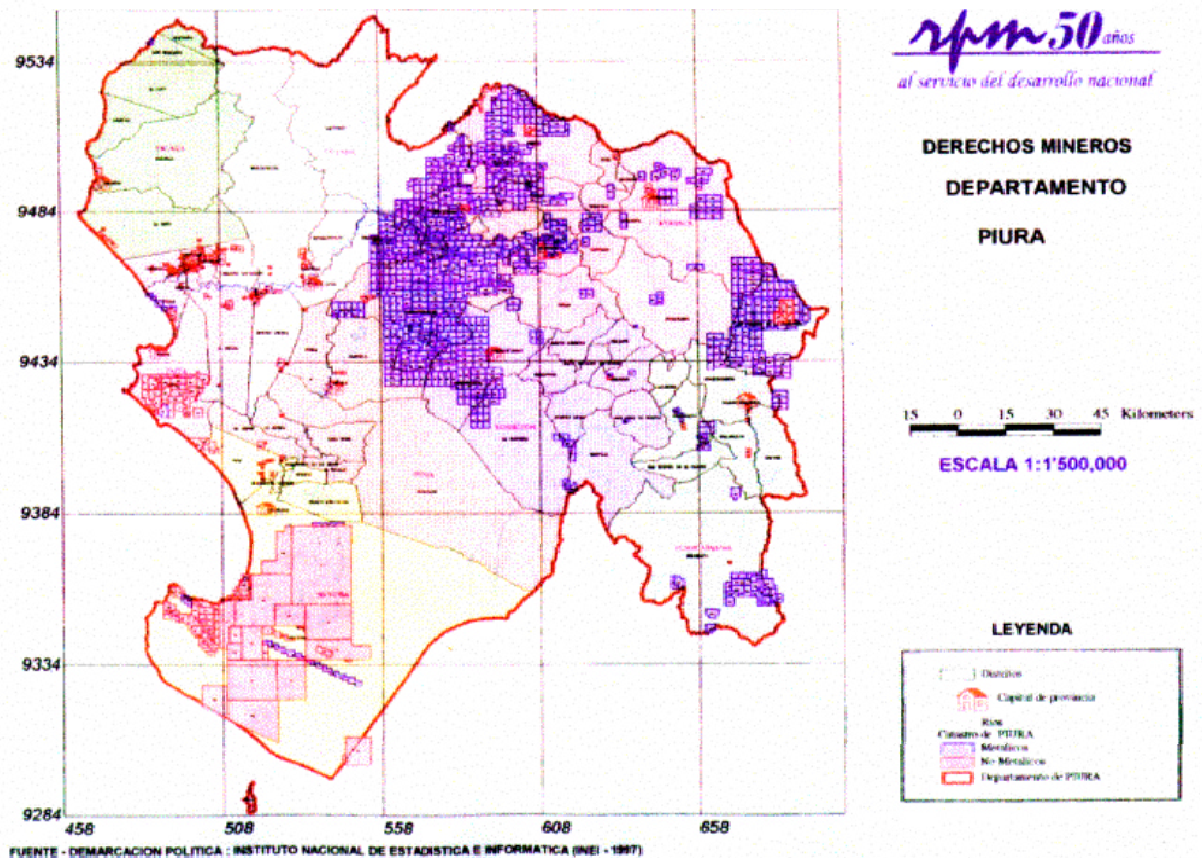


Valle agrícola 50 a 80 msnm

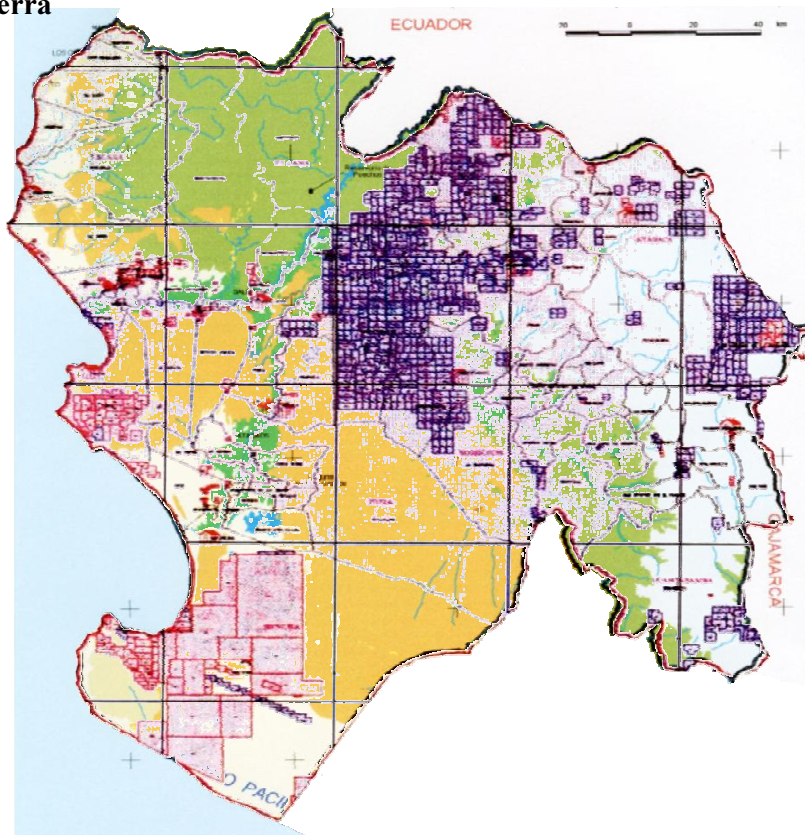


Bosque seco (producción apícola)

Mapa 2. Derechos Mineros en el Departamento de Piura (Registro Público de Minería)



Mapa 3. Recursos Naturales de Piura comprometidos por los denuncios mineros en Costa y Sierra



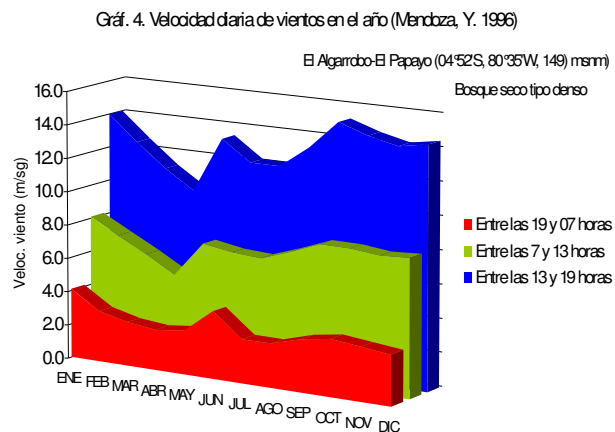
II. *Vientos de Piura: Contaminación Rápida Del Aire*

La explotación minera a tajo abierto en la zona central de los bosques secos de Piura, requiere eliminar la protección vegetal, lo que provocaría la elevación de la temperatura ambiental y la velocidad de los vientos convectivos y superficiales aumentando la erosión eólica sobre el suelo (*Gushiken, S. 1994*) con arrastre de **material particulado** (*normalmente en áreas áridas con viento...*), dióxido de azufre y ácido sulfhídrico e hidrocarburos (metano y terpenos)...."Los **contaminantes atmosféricos**, una vez emitidos desde sus fuentes, *se constituyen en parte integrante de la atmósfera, tendiendo a una homogeneización de concentraciones a través de los mecanismos de dispersión y difusión...*" (*Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA - Chile. 1996*). Partículas y gases tóxicos que se conducirían hacia las áreas agrícolas y urbanas de las principales ciudades como Chulucanas, Sullana y Piura.

El viento, como la fuerza más rápida e incontrolable de dispersión de partículas contaminantes en la atmósfera es un factor de suma importancia. Según el estudio del "Potencial Eólico del Perú" Piura es una de las regiones de mayor velocidad de viento después de Lambayeque con valores promedio anual de 4.7 m/sg para toda la región (*Baldi, G. et al. 1986*). Además; dependiendo de los lugares específicos y los ciclos mensuales y diarios, los valores de velocidad de viento varían significativamente.

Como se explica en el estudio de Línea de Base realizado por la Empresa Manhattan (2000) "...En el área sur de Tambogrande, la escasa vegetación permite una fuerte refracción solar sobre la arena. En consecuencia, por la tarde (alrededor de las 4 pm.) se desarrollan áreas de baja presión, dando lugar a vientos tipo remolino que enfrían algo el área, a la vez que levantan grandes cantidades de polvo. La fuerza y volumen de estos vientos puede ser considerable...". Datos que se corroboran por los estudios realizados de Yonel Mendoza (1998) en los bosques densos de Tambogrande que sistematiza seis años de registros (Gráfico 4) de la estación meteorológica automática de CEPESER en el la zona de Algarrobo-Papayo en convenio con la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados de Mendoza confirman las referencias sobre la gran intensidad que alcanzan los vientos durante las tardes en la zona de Tambogrande y muestran el efecto moderador de la cobertura arbórea en la temperatura ambiental bajo condiciones de bosque denso como el de la zona de El Papayo (Tambogrande) y las elevadas temperaturas que se alcanzan en un zona rala de bosque como Belizario (Sechura) con la consecuente elevada intensidad del viento que se genera cuando hay escasa vegetación.

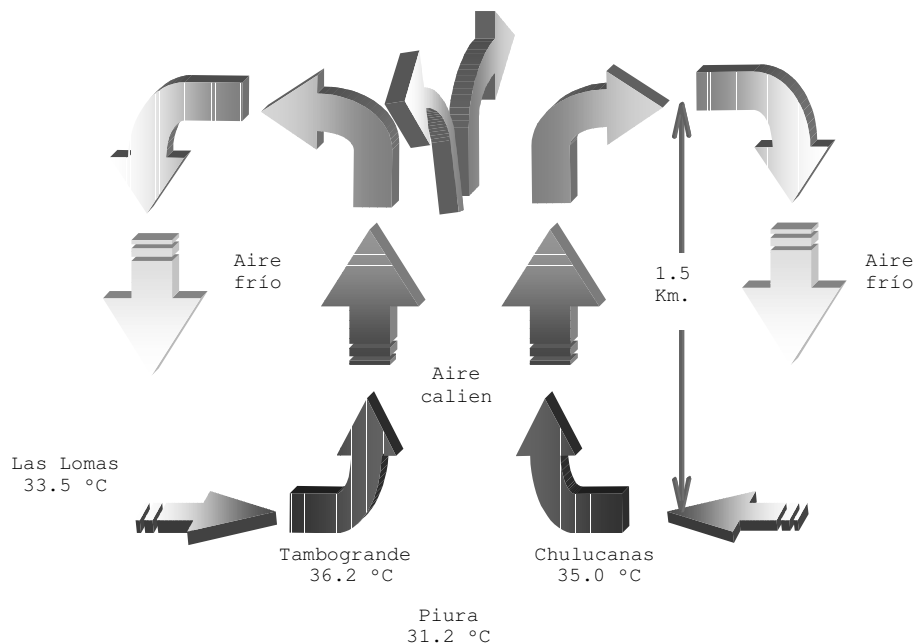
Según los registros de 10 años de SENAMHI y del Proyecto Chira-Piura, las zonas de Tambogrande y Chulucanas constituyen núcleos de baja presión o de mayores temperaturas a las de zonas adyacentes como Piura, Sullana y Las Lomas, generando intensos movimientos locales de viento de estos últimos hacia los primeros, que luego de ascender 1.5 km. de altura se dispersan aleatoriamente en la región (Diagrama 1). Esto se pudo verificar durante EL NIÑO 1997-98 en que se pudo registrar que Tambogrande fue el núcleo de las máximas precipitaciones que alcanzó los 4,000 mm seguido por Chulucanas como lo muestran las imágenes satélite del estudio de Ordinola (2001) (Gráfico 2).



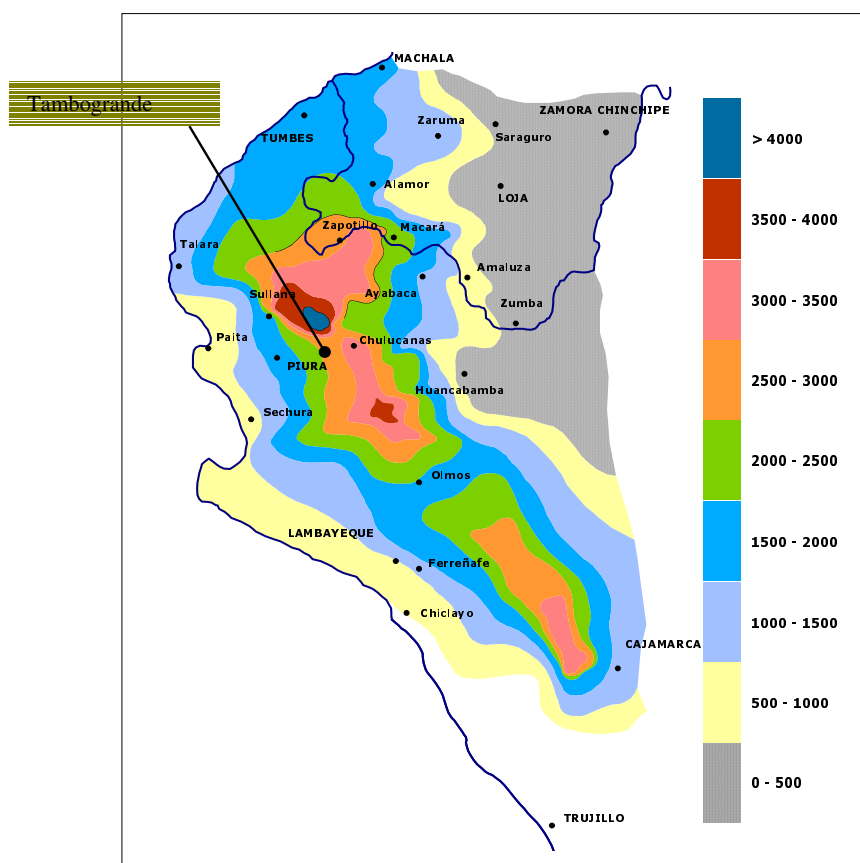
Otro registro importante de Gushiken, es la gran capacidad de desecación de los bosques secos, que se amortigua con la cobertura de los árboles. Estos datos expresados como evapotranspiración expresan un constante proceso deficitario de agua, que en casos como Tambogrande la pérdida de agua por evaporación de la superficie es de 4 a 8 veces que el agua de las precipitaciones. Y cuando se trata de un bosque con escasa cobertura arbórea,

como en Sechura; la pérdida de agua es de 16 a 32 veces mayor que el agua que puede caer por las precipitaciones. Esta diferencia sólo es explicable por la absorción de agua de las profundas raíces del algarrobo y evaporada a través de su follaje, lo que a su vez explica la dependencia de este bosque de las aguas subterráneas de la cuenca baja de los ríos Chira y Piura.

Diagrama 1. Dinámica de dispersión de contaminantes por vientos



Mapa 4. Tambogrande y Chulucanas; zonas de máxima precipitación durante EL NIÑO 1998.



III. El Niño: De Oportunidad a Amenaza

Así como El NIÑO ha generado y modelado el paisaje piurano; periódicamente lo regenera, reordena y ofrece nuevas oportunidades a las actividades humanas que en él se desarrollan. La extracción minera a tajo abierto con la consecuente eliminación del algarrobal, puede convertir a este fenómeno climático en un poderoso agente de destrucción y contaminación. ya que exacerbará los procesos erosivos allí donde la cobertura arbórea haya sido removida junto con sus semillas. Según la investigación de Cárdenas (1998) sobre “El impacto del evento EL NIÑO en la productividad primaria de los bosques secos de algarrobo de Sechura y Tambo Grande. Diciembre 1997 – junio 1998“, sólo la cobertura vegetal herbácea en Sechura (arenal con pocos árboles) tapizó el arenal en 50% a 75% y pudo producir hasta 170 kg de materia seca vegetal por hectárea en 6 meses; mientras que en Tambo Grande (bosque denso) la cobertura fue del 75% al 100% y la producción de materia seca vegetal herbácea en 6 meses alcanzó los 650 kg. por hectárea. Pero además; cuando sobre estas pasturas naturales, se realizaron cosechas mensuales (a manera de pastoreo) durante seis meses, se registró una producción de 0,51 toneladas por ha en el bosque ralo de Sechura y 2,39 toneladas por ha en Tambo Grande. Tapiz herbáceo que estuvo compuesto por 41 especies en Sechura y 25 en Tambo Grande; de todo ello, la mayor parte de las especies pertenecen a la Familia Poaceae seguido de la Familia Fabaceae (Hierbas con buen potencial de forraje).

Respecto a la producción forestal, los algarrobos en Tambo Grande llegaron a producir hasta 18,25 toneladas de materia seca vegetal por hectárea entre enero y mayo del 98. Productividad vegetal que ha sustentado e incrementado la ganadería de las familias campesinas de esta zona, regenerado la población faunística y mejorado la composición química del suelo.

Desde otro enfoque de evaluación, históricamente este evento climático pone en marcha inesperados procesos como el descontrol de los cursos de agua que analiza Van Der Veen (1999) en su estudio sobre vulnerabilidad ante EL NIÑO, en el que según registros históricos, como resultado del relieve casi inexistente en el valle del bajo Piura, el río Piura ha cambiado su cauce con frecuencia lo que resultó en un obstáculo en la implementación del proyecto Chira-Piura durante EL NIÑO 1982/83 en el que grandes áreas se inundaron y el río cambió su cauce completamente. Otro problema asociado a mantener al río dentro de un cauce es la elevación de su lecho por sedimentación que en algunos lugares se eleva hasta un metro por encima de las tierras que lo circundan, elevando a su vez la napa freática en el área. Todo esto deja a cualquier medida de contingencia que adopten las operaciones mineras, en alta incertidumbre para evitar la contaminación por transporte o destrucción de estructuras de deposición de minerales tóxicos residuales del proceso que se acumulan en los alrededores de los tajos abiertos, especialmente cuando éstos están ubicados a orillas o en el propio cauce del río Piura, como son los sitios TG-1 y TG-3 de Minera Manhattan (Diagramas 2), que se someterían a una enorme presión del caudal del río bajo condiciones de un NIÑO. Durante EL NIÑO 1997-98 el río Piura llegó a transportar hasta 300 millones de metros cúbicos por día y en toda la zona de Tambogrande cayeron 4 metros de agua de precipitación (Gráfico 5) (Ordinola; N. 2001).

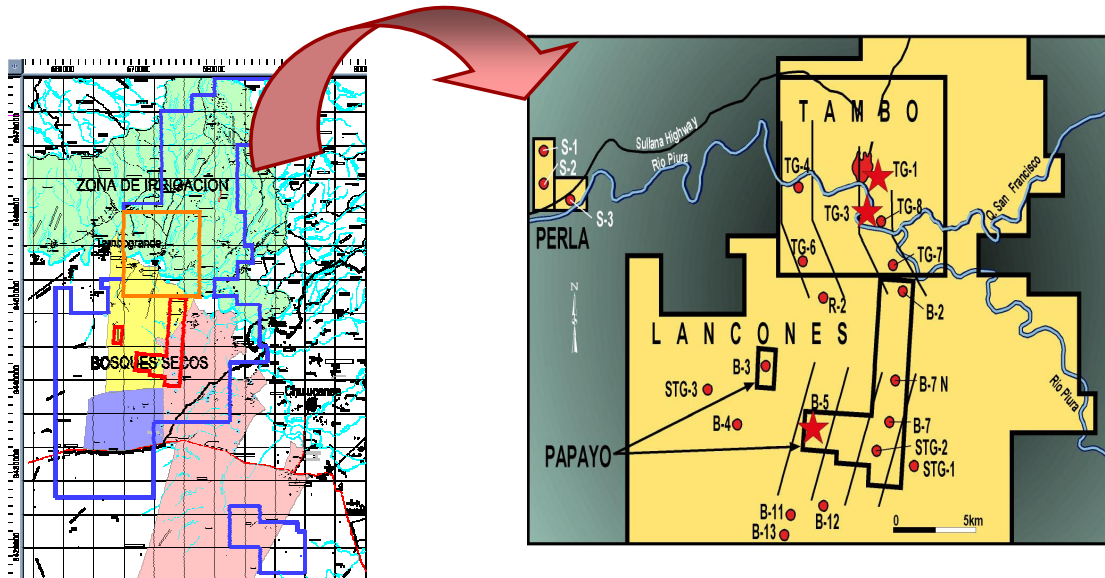
EL NIÑO 82-83 fue considerado en su momento como el más intenso del siglo XX; sin embargo el de 97-98 lo superó y aunque es difícil establecer si las irregularidades que están ocurriendo se asocian al proceso de calentamiento global (Marengo, J. 1999), existen evidencias de que la acumulación de energía en la atmósfera y en las capas superficiales del océano por el proceso de calentamiento global puede recargar el sistema océano – atmósfera con mayor rapidez acortando los ciclos de ocurrencia del EL NIÑO (National Geographic, 1999), no solamente incrementando su frecuencia, sino también su intensidad (Lagos, P. 1999). Esto puede corroborarse con el análisis de datos de treinta años en la costa peruana manifiestan una tendencia a las profundización del nivel de aguas frías (termoclina) y el calentamiento de las aguas superficiales (Tarazona y Valle, 1999).

En los últimos 98 años se han presentado 23 episodios de EL NIÑO y 15 de La NIÑA. De los diez episodios de EL NIÑO más poderosos del siglo, cuatro (los cuatro más fuertes) han ocurrido a partir de la década de los ochenta (Suplee, 1999). Razón por la cual el supuesto de las empresas mineras de considerar a EL NIÑO como un factor de riesgo controlable por los prolongados periodos entre un evento y otro (cada 50 años), es un cálculo desactualizado y por tanto peligroso para tomar decisiones.

Ya durante EL NIÑO 97-98 se pudo constatar lo que Van Der Veen ilustró como "*efecto bola de nieve*" desencadenado por EL NIÑO en el bajo Piura. como consecuencia de los inesperados y encadenados efectos destructivos de infraestructura que causa este evento. Será inevitable que los montículos de 60 metros de altura de

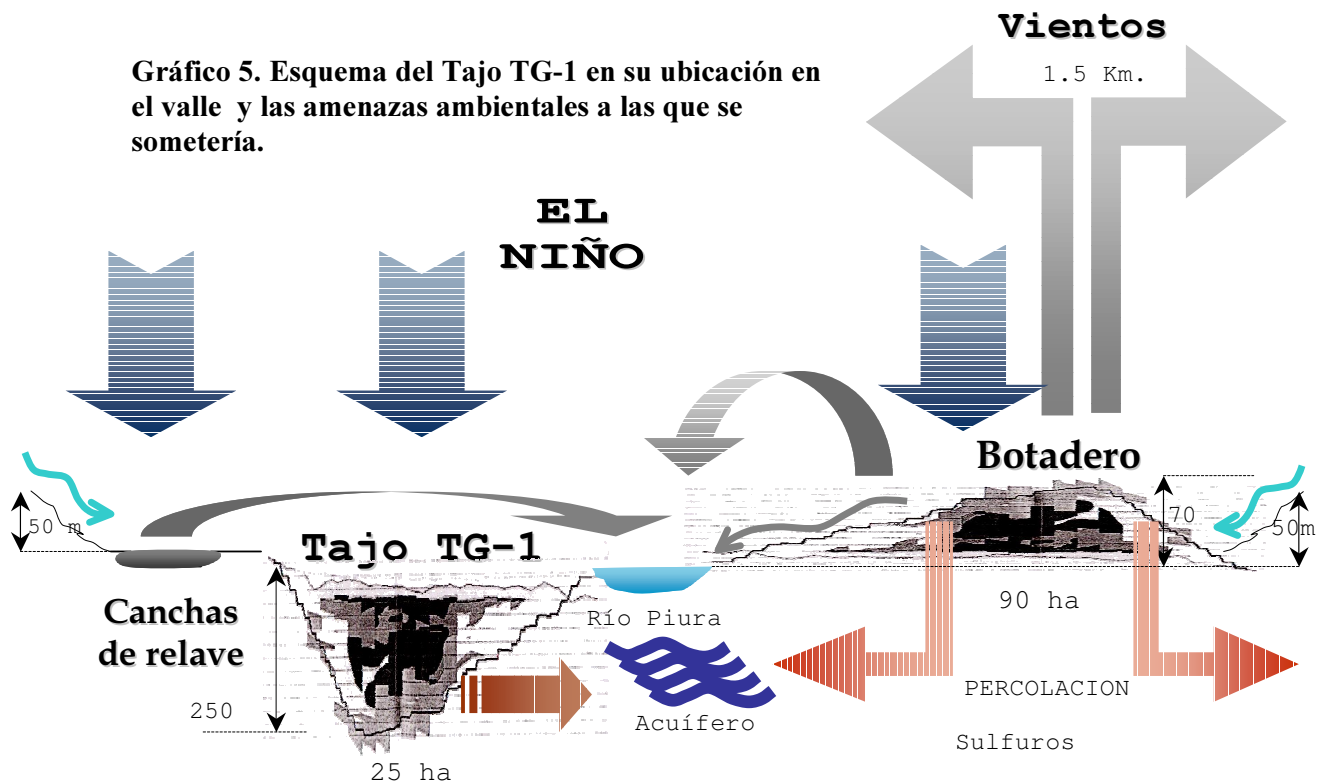
material mineral en extracción, las pozas de sedimentación de los relaves y efluentes tóxicos, las áreas de deposición de material sólido desechable y los mismos tajos abiertos serán severamente afectados por las lluvias intensas que esparcirán estos materiales contaminantes hacia los lugares menos sospechados poniendo en grave riesgo la agricultura y la salud humana regional.

Diagrama 2. Concesiones y Depósitos Minerales de Manhattan



Fuente: Cia. Minera Manhattan

Gráfico 5. Esquema del Tajo TG-1 en su ubicación en el valle y las amenazas ambientales a las que se sometería.



IV. Amenaza al desarrollo regional por Cuencas: Red de empresas mineras

En un escenario de diversas empresas mineras operando en muchos sitios abriendo tajos abiertos; el FUTURO INEVITABLE ES LA DESERTIFICACIÓN de esta región agraria, pues el mapa de denuncios afecta no sólo a las zonas agrícolas de costa y sus bosques secos, sino también a las nacientes de las principales cuencas de todo el Departamento (Mapas 3,5a). Se encuentran bajo denuncios, en la zona andina de Piura, el curso del río San Pedro cuyas aguas desembocan al reservorio de San Lorenzo, el curso del río Quiroz cuyas aguas desembocan al reservorio de Poechos y también la naciente del río Huancabamba (Mapa 5b). Y no sólo los cursos de agua superficial están comprometidos, sino también los flujos de agua subterránea del cual viven muchas ciudades y la actividad agropecuaria de las zonas media y baja de la cuenca del río Piura (Mapas 6a y 6b). En consecuencia el efecto inmediato de contaminación por vientos, contaminación de los cursos de agua superficial y subterránea y el inminente peligro de su dispersión por el Fenómeno EL NIÑO, crearían una enorme "onda expansiva" de efectos negativos colaterales alrededor de CADA sitio de extracción que no sólo será de las operaciones de una empresa minera, sino de los otros muchos sitios en los que pretenden explotar las restantes empresas, lo cual haría inviable todo tipo de planificación de gestión integral de cuencas y el manejo aprovechamiento de la biodiversidad existentes en ellas, que hoy en día constituye la última oportunidad de negociación ventajosa de bienes competitivos en el mercado internacional para hacer frente al actual intercambio desigual establecido por los países industrializados.

Grandes proyectos estatales y privados (ONG's) en el desarrollo de los bosques secos verían también perdidos sus esfuerzos e inversiones millonarias en infraestructura y capacitación de recursos humanos, si se instaura la minería en las áreas denunciadas como es el caso del Proyecto Algarrobo de INRENA en el que se verían comprometidos más de una década de inversión institucional.

Cualquier estudio de impacto ambiental sólo podrá de especular sobre los efectos e impactos que puede ocasionar este tipo de actividad extractiva de gran escala y ampliamente distribuida en un ecosistema FRÁGIL sometido periódicamente a un evento climático ALTAMENTE IMPREDECIBLE como es EL NIÑO.

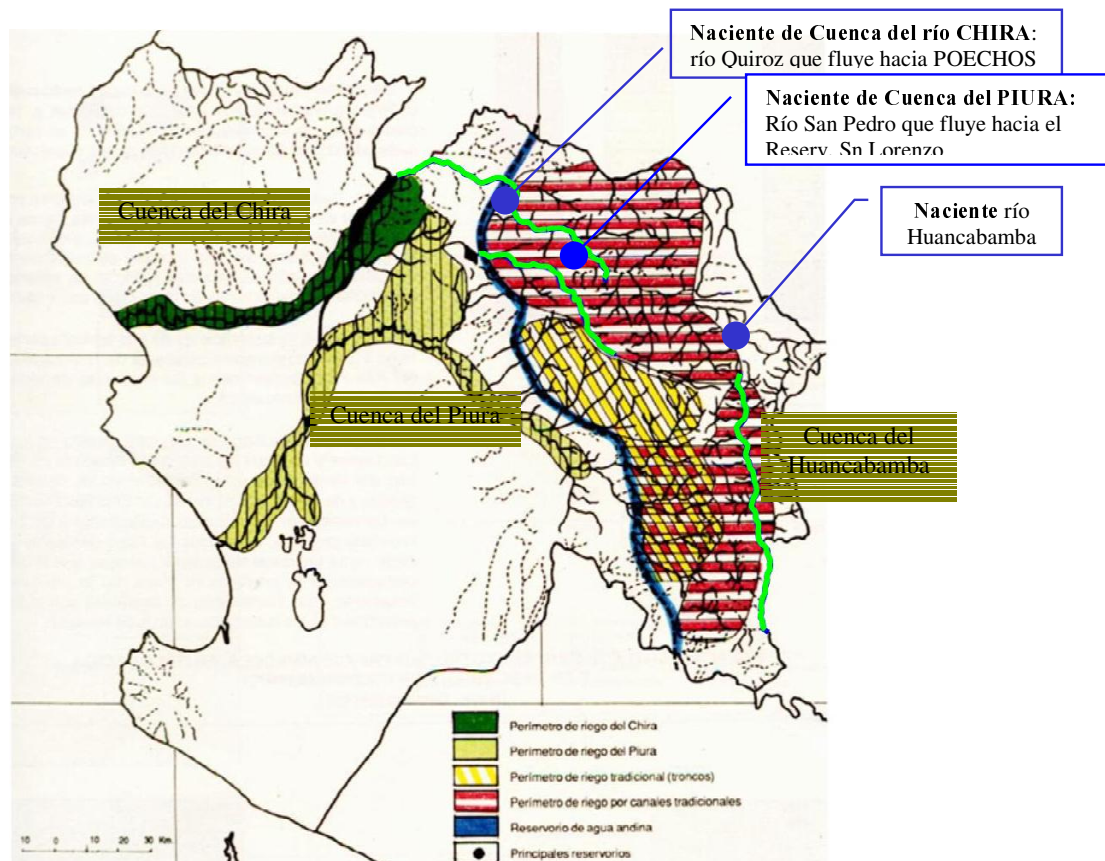
Riesgo sin desarrollo

Según los datos del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto TAMBOGRANDE (Klohn Crippen. 2002) (ver Cuadros), la cobertura de empleos que van a ofrecer en su etapa de explotación apenas alcanza a 350 peruanos, de los cuales sólo 122 serán de trabajadores no calificados; sin embargo, hay 68,248 habitantes sólo en Tambo Grande (EL TIEMPO, 1999). Las evidencias reales en el Perú nos muestran que no hay un solo pueblo vinculado a la actividad minera en nuestro país, que muestre indicadores verificables de desarrollo humano. Cerro de Pasco con 110 años de explotación minera de cobre, hierro, plata, plomo, zinc, y otros metales (Samame, 1986), Cajamarca, Huancavelica, Ancash (INEI, 1993) y otros pueblos de la Selva se encuentran actualmente entre los más pobres del país.

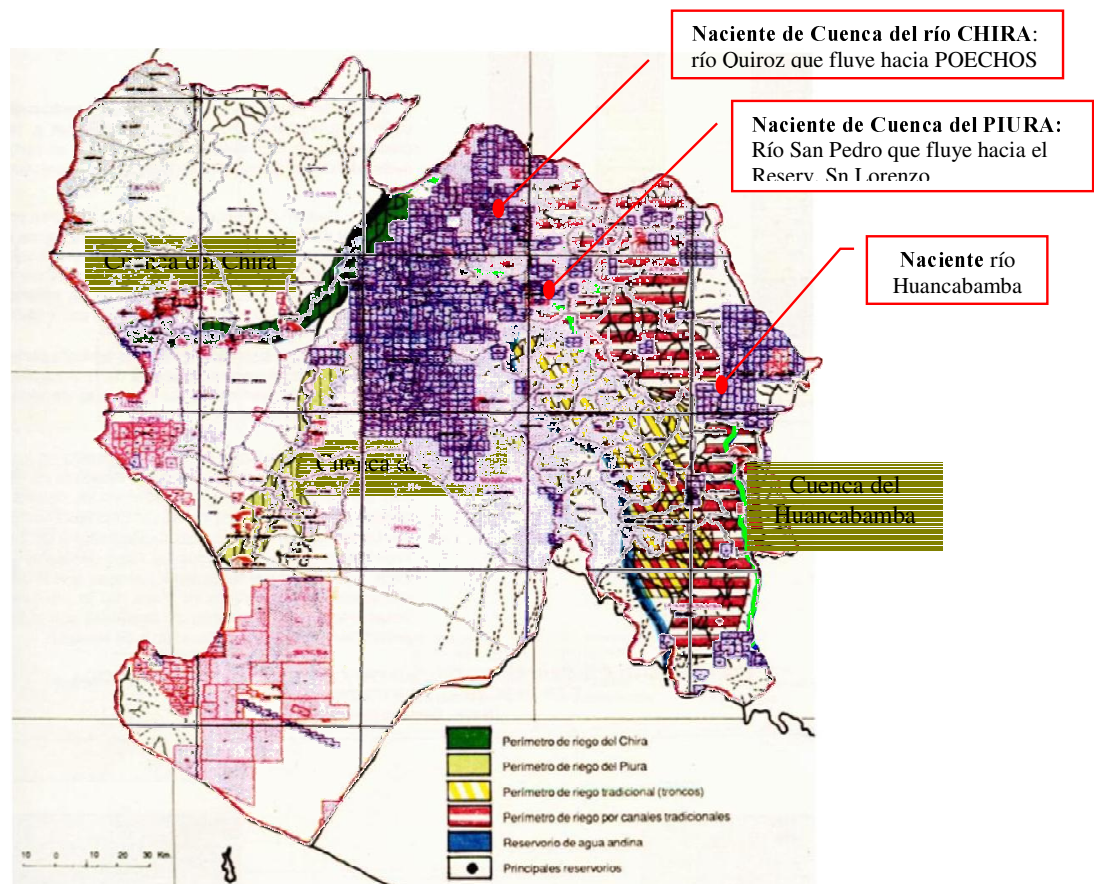
Indicadores frecuentemente usados, como el incremento del PBI generado por la minería ha sido seriamente cuestionado por el Banco Mundial que en un estudio de varios países en desarrollo los niveles de mortalidad infantil son independientes de los

valores de PBI alcanzados (Banco Mundial, 2000); y en casos locales del Perú el PBI minero en Cajamarca fue negativo para todo el periodo enero-octubre 2001/2000 (BCR; 2002). De otra parte, el aporte del sector minero al PBI nacional es apenas del 3.61% y el canon distribuido a nivel nacional sólo fue de 23.3 millones de dólares USA (Sociedad Nacional de MINERIA, PETROLEO y ENERGIA. 2002

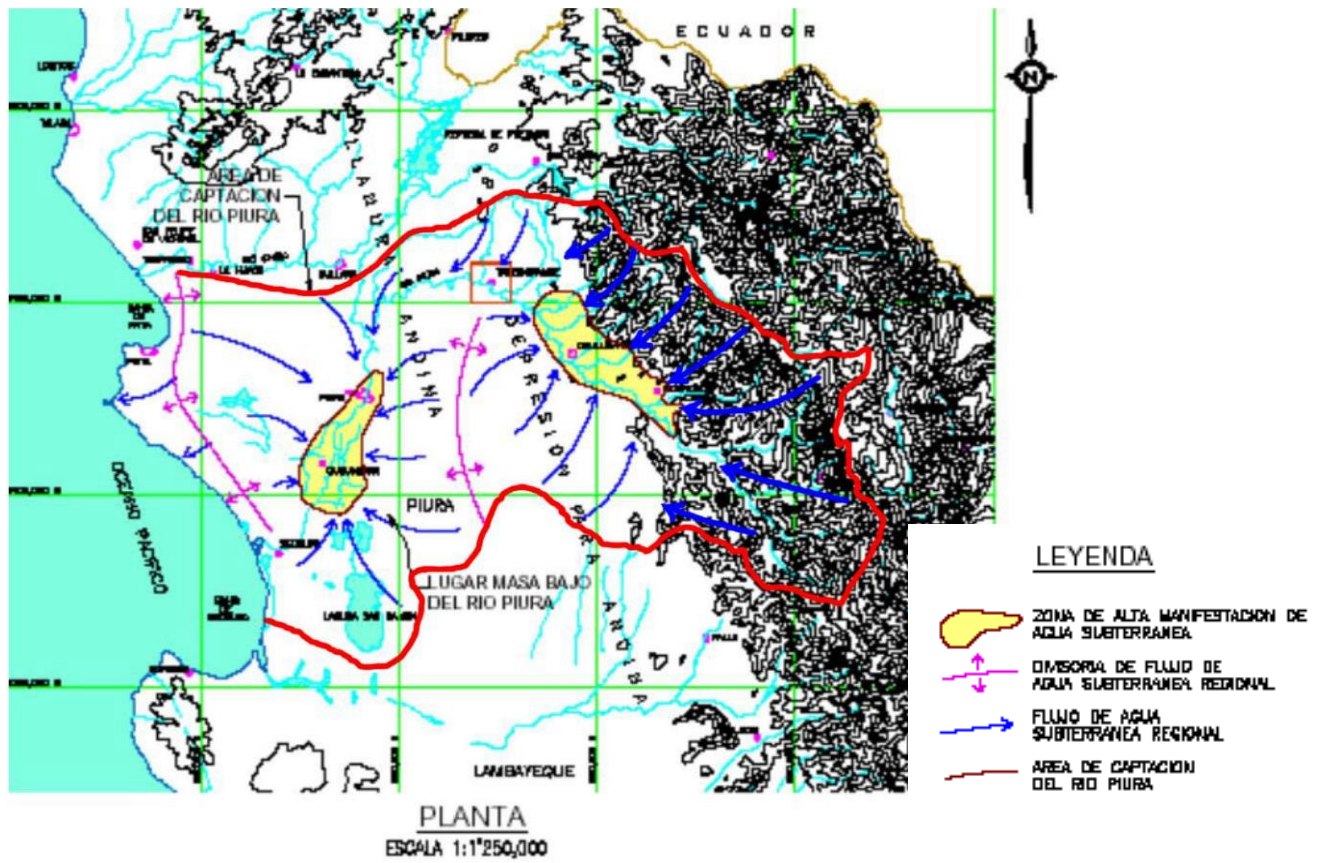
Mapa 5a. Desarrollo por manejo integral de cuencas como estrategia de uso de la biodiversidad y sostenibilidad agropecuaria



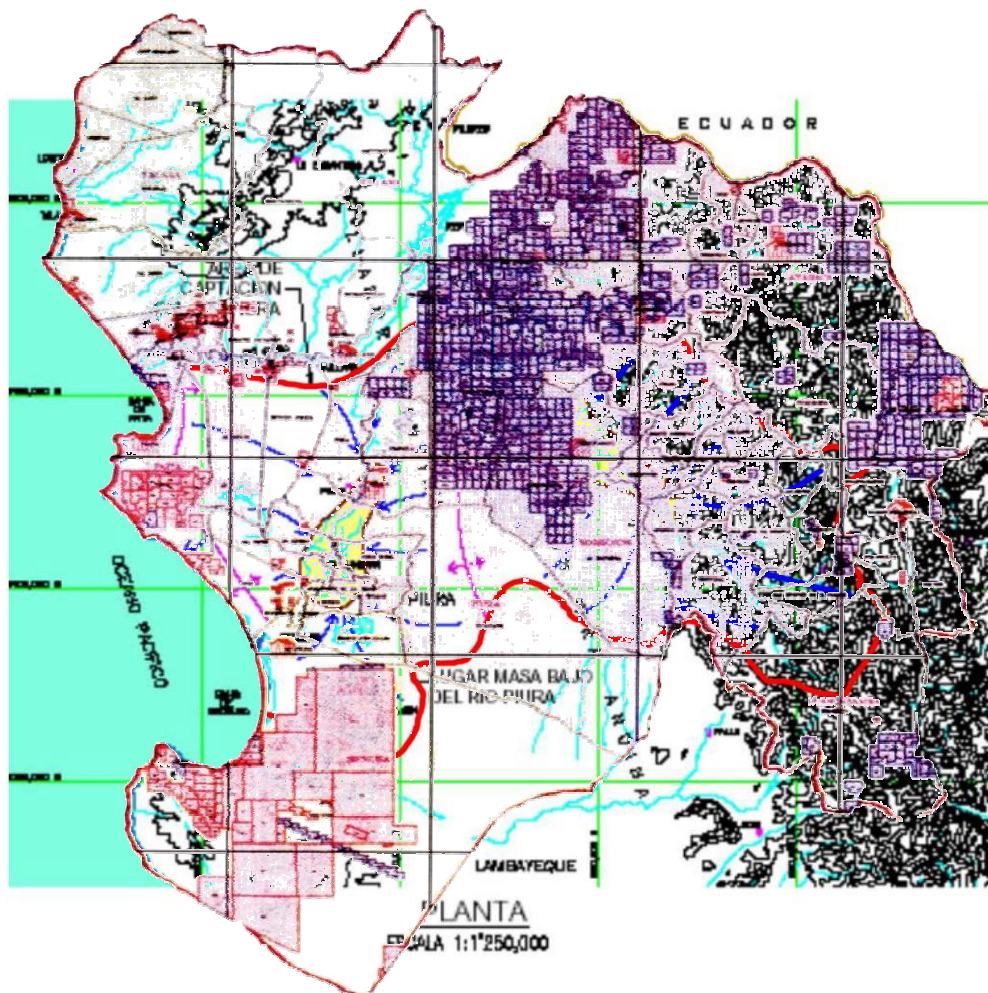
Mapa 5b. Cuencas bajo amenaza: Denuncias mineras en las nacientes de cuencas de Piura



Mapa 6a. Flujo de agua subterránea de la cuenca del río Piura



Mapa 6b. Denuncias mineras sobre el acuífero de agua subterránea de la cuenca del río Piura.



Referencias Bibliográficas

1. **Aste, Juan.** 2002. Valor Económico del Valle San Lorenzo; Tambogrande, Piura. Lima; Perú.
2. **EL PERU Y SUS RECURSOS.** 1998. Atlas Geográfico y Económico. AUGES.A. Editores. Lima, Perú.
3. **Baldi, G.; Bonino, M.; Brunelli, G.; Rigaglia, L.; Rosales, H.; Urdy, G.; Villa, H.** 1986. POTENCIAL EOLICO DEL PERU. Programa de Electrificación Rural con Energías Renovables.
4. **Balvín, D.** 2000. La Aplicación del Instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para Organizaciones No Gubernamentales (El Caso Peruano). Lutheran World Relief, Canadian Lutheran World Relief. Lima, Perú. 50 p.
5. **Cárdenas, C.** 1998. "El impacto del evento EL NIÑO en la productividad primaria de los bosques secos de algarrobo de Sechura y Tambo Grande. Diciembre 1997 – junio 1998". Tesis Bióloga. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima; Perú.
6. **CEPESER - Secretaría Regional de Asuntos Productivos Extractivos Región Grau.** 1991. "Desarrollo y Conservación de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la región Grau: Una Propuesta.
7. **Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)– Chile.** 1996. "Metodologías para la caracterización de la Calidad Ambiental" . Santiago, Chile. 242 p.
8. **Comisión Nacional del Ambiente (CONAM) – Perú.** 1998. "Principios de Evaluación Ambiental". Lima, Perú. 151 Banco Mundial. 2000. En el Umbral del Siglo XXI; Informe sobre el desarrollo mundial 1999-2000. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 289 pp.
9. **Cuba, A.** 1999. "Desarrollo rural sostenible en los bosques secos de la costa norte del Perú: El Proyecto Algarrobo" (41-61). En: BOSQUES SECOS Y DESERTIFICACIÓN. Memorias del Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura, Proyecto Algarrobo-INRENA, Embajada Real de los Países Bajos, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA. Lima, Perú. 419 p.
10. **EL TIEMPO.** 1999. Suplemento: "Proyecto Minero TAMBOGRANDE". 31 de mayo 1999.
11. **Samame, M.** 1986. La Minería. En: GRAN GEOGRAFIA DEL PERU; Naturaleza y Hombre. Manfer – Juan Mejía Baca.
12. **Ginocchio, L.** 2001. Análisis de la identificación de la demanda por servicios de investigación adaptativa y de extensión y criterios para su priorización – Departamento de Piura. INCAGRO, Proyecto de Innovación y Competitividad Agropecuaria.
13. **Ginocchio, L.** 2002. Lineamientos del Desarrollo Frutícola de Piura.
14. **Gushiken, S.** 1994. "Estructura y análisis de los algarrobales de Sechura y Tambo Grande". Tesis Bióloga. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima; Perú
15. **Hocquengheim, A. M.** 1998. Para Vencer a la Muerte. Raíces en el bosque seco y en la selva alta . horizontes en el Pacífico y en la Amazonia. Fondo Contravalor Perú.Francia, Universidad Nacional de Piura, Lluvia Editores. Lima; Perú. 445 pp.

16. **Lagos, Pablo.** 1999. EL NIÑO Y EL CAMBIO CLIMATICO EN EL PERU. En: Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno EL NIÑO. CONAM. 209 pag.
17. **Manhattan Sechura Compañía Minera S.A.** Julio 2000. PROYECTO TAMBO GRANDE Estudio de Línea de Base Ambiental.
18. **Marengo, J.** 1999. Estudios sobre tendencias y variabilidad climática en el trópico sudamericano: Perú y Brasil. En: Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno EL NIÑO. CONAM. 209 PAG
19. **Mendoza, Y.** 1998. "Condiciones meteorológicas de los bosques secos de algarrobo ". Tesis Meteorólogo. Universidad Nacional Agraria – La Molina.
20. **National Geographic.** 1999. EL NIÑO y LA NIÑA: círculo vicioso de la Naturaleza. Vol. 4, Nro. 3.
21. **Petersen, C.**1935. Estudios climatológicos del noroeste Peruano. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 7(2), 1-142.
22. **Rossi, R.** 2001. "San Lorenzo tiene para ampliación agrícola". El TIEMPO. En: SEMANA; 21 de mayo 2001.
23. **Suplee, C.** 1999. EL NIÑO/LA NIÑA; círculo vicioso de la naturaleza. En: National Geographic, vol.4 Nro. 3.
24. **Torres, J.** 2000. "Los desencuentros con la naturaleza en América Latina tiene un nuevo nombre: Desertificación" (9-10 p). En: LEISA. Boletín de ILEIA para la agricultura sostenible de bajos insumos externos. Vol. 16, nro.1.
25. **Tarazona, J. y Valle, S.** 1999. IMPÁCTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL SOBRE EL ECOSISTEMA MARINO PERUANO. En: Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno EL NIÑO. CONAM. 209 pag.
26. **Van Der Veen, D.** 1999. La Causa Fundamental De La Vulnerabilidad Ante El Niño: Un Analisis Del Manejo De Suelos Y Aguas En El Departamento De Piura, Perú. En: PERU et EL NIÑO, aprendiendo de la naturaleza. Prom Perú. Lima, Perú. 340 pag..
27. **Velásquez, D.** 1993. Aves de Importancia Económica en los Algarrobales de Sechura y Tambo Grande (Piura – Perú). Tesis de Bióloga. 106 pp
28. **Vera Tudela, J.; Trias, J.; Morales, G.; Albán, L.; Romero, J.; Matorel, M. y Peña, E.** 1999. Programa Piloto de reforestación extensiva con algarrobo (Prosopis juliflora) en región desértica (83-89). En: Bosques Secos y Desertificación. Memorias del Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura, Proyecto Algarrobo-INRENA, Embajada Real de los Países Bajos, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA. Lima, Perú. 419 p.
29. **Vera Tudela, J.; Torres, J.; Cuba, A.; Calderón, W.; Díaz, A.; Giesecke, A.(Comité Ad-hoc del Seminario Internacional).** 1999. "Políticas para la gestión sostenible de los bosques secos de la Costa Norte del Perú. Recomendaciones del Seminario Internacional de Bosque Seco y Desertificación. Ministerio de Agricultura, Proyecto Algarrobo-INRENA, Embajada Real de los Países Bajos, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA. Lima, Perú. 419 p.

Vegetación y Balance Hídrico en una Cuenca

Caso: Cuenca del Río San Marcos (Estado Tamaulipas, México)

Juan Torres Guevara¹

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Agraria La Molina. Av. La Molina s/n La Molina. Tel.511 3495647 Ax. 271 Fax.: 511 3496015. E-mail: amotape@yahoo.com

Resumen

Se presenta el balance hídrico y el papel que en él jugó la vegetación natural de la cuenca alta del río San Marcos, Estado de Tamaulipas, noreste de México (23°37' - 23°55' Lat. Norte y 99°18' - 99°50' Long. Oeste), durante el año 1986. El balance hídrico mostró que la cuenca, en su zona de captación, tuvo un ingreso anual de 96.6 millones de m³ de agua, de los cuales el 89% se evapotranspiró, el 10% conformó la escorrentía superficial y el 0.17% pasó a formar parte del agua subterránea. Como se aprecia, casi el 90% del presupuesto hídrico es consumido por la evaporación y, fundamentalmente, por la transpiración de la vegetación, lo cual nos lleva al dilema de si la cobertura vegetal más bien juega un papel adverso en la búsqueda de una mayor disponibilidad de agua, en términos absolutos, para la satisfacción de la creciente presión demográfica que en este caso soporta la cuenca del río San Marcos. Esto y otras preguntas forman parte de la discusión de este trabajo.

Palabras clave: balance hídrico, cuenca, vegetación natural, río San Marcos.

Abstract

This study focuses on the water balance and the natural vegetation that influenced the higher part of the watershed of San Marcos river of Tamaulipas State, in the northwest of Mexico (23°37' - 23°55' North Lat. and 99°18' - 99°50' West Long.), during 1986. The water balance showed that there was an annual input of 96.6 millions of m³ of water in the watershed, from which 89% was transpired, 10% was superficial and 0.17% was part of the subterranean water. Almost 90% is consumed by the evaporation and, basically, by the transpiration of the vegetation. This makes us think that the vegetative cover plays an opposite role of reaching more water availability in order to satisfy the growing demographic pressure that the watershed of the San Marcos river supports.

Key words: water balance, watershed, natural vegetation, San Marcos river.

Introducción

En un país como México, en el que la velocidad de deforestación con maquinaria es cada vez mayor (423 mil hectáreas entre 1972 – 1975, según Trueba, citado por Toledo 1984), en el que se desvían grandes cursos de agua con fines de irrigación de nuevas superficies y en el que el descenso de los mantos freáticos se incrementa cada vez más debido al excesivo uso de las aguas subterráneas, la necesidad de realizar estudios sobre la perturbación del ciclo hidrológico se torna cada vez más importante.

Estos problemas de carácter nacional tienen en la cuenca del río San Marcos (Tamaulipas) una concreción. Esta cuenca, producto de una corriente joven, relativamente pequeña (40, 900 has), resulta de mucha importancia debido a que constituye el área natural en la que se ubica la capital del Estado, Ciudad Victoria, con una población aproximada de 200,000 y de la cual es su principal fuente de agua.

La cuenca está conformada por bosques, selvas y matorrales, en su zona alta, y por matorrales inermes y espinosos, en sus zonas media y baja. Estas comunidades han sufrido, durante las últimas décadas, fuertes perturbaciones debido a las crecientes

actividades forestal y minera, en la cuenca alta, y agrícola y ganadera, en la baja especialmente. Igual situación presenta el ciclo hidrológico del río, al ser captada casi totalmente para el consumo humano por la creciente demanda.

De las perturbaciones mencionadas, las generadas sobre todo en la cuenca alta resultan de suma importancia, pues, por hallarse justamente en el área de recepción hídrica, su desarrollo estará atentando contra la reproducción del ciclo hidrológico natural y, por lo tanto, creando condiciones cada vez más favorables para una futura crisis hídrica en la cuenca.

El presente trabajo está referido al estudio del balance hídrico y al papel de la vegetación en él, específicamente en la cuenca alta del río San Marcos.

Materiales y Métodos

1. Ambiente Natural

a) Ubicación

El área de estudio se halla localizada en el nordeste de México, sobre la vertiente del Golfo de México, al este de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, cubriendo un área de 40, 900 has.

Está delimitada entre los paralelos 23° 37' y 23° 55' Latitud Norte, y los meridianos 98° 50' y 99° 18' Longitud Oeste (Fig. 1).

La cuenca del río San Marcos tiene los siguientes límites: al Oeste, las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, encontrándose la línea divisoria de aguas entre los 1500-1900 msnm.; al Este, la Represa Vicente Guerrero, que es donde va a desembocar el río; al Norte, la cuenca del arroyo San Felipe; y, al Sur, la del arroyo Juan Capitán (Fig. 2).

La cuenca tiene una forma alargada y una dirección de Sur-Oeste a Nor-Este; como algo característico, presenta un cuello al final de la zona de captación, a la altura de Ciudad Victoria, y, luego, un ensanchamiento en el lecho de escurrimiento. Las altitudes que alcanza van de 140-150 msnm. Hasta 1500-1900 msnm.

Políticamente, la zona de trabajo se ubica en la parte centro-oeste del Estado de Tamaulipas, cubriendo parte de los Municipios de Jaumave, Victoria y Guémez.

Fig. 1. Mapa de Ubicación y Topografía de la Cuenca del Río San Marcos

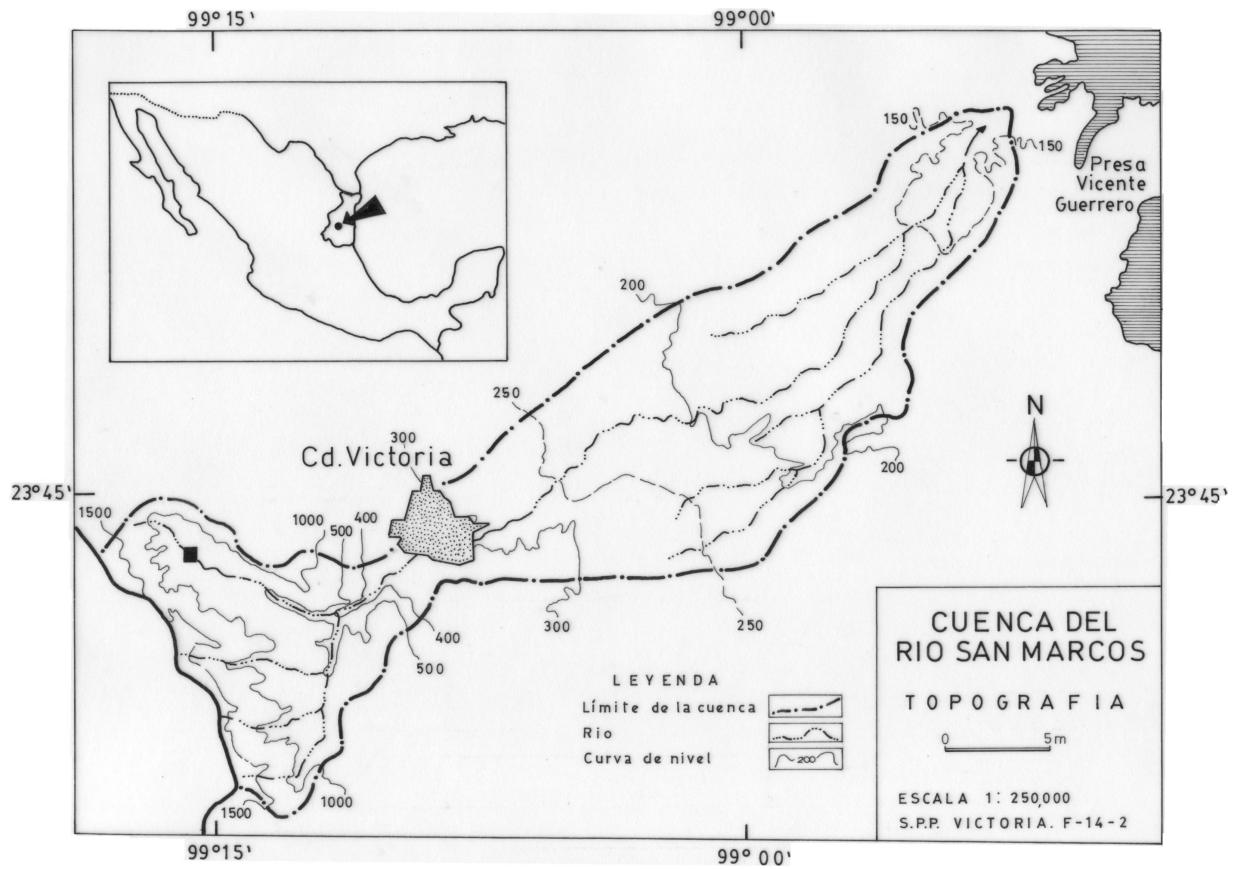
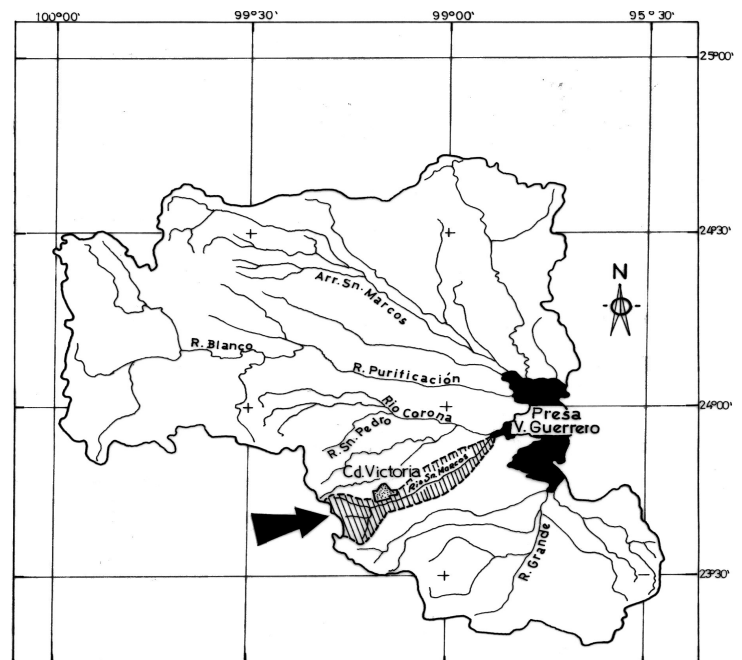


Fig. 2. Cuenca del Río Soto, La Marina, Tamaulipas



b) Fisiografía

El área de estudio está ubicada entre las siguientes Provincias Fisiográficas: Sierra Madre Oriental, zona donde nace el río San Marcos, y la Planicie Costera del Golfo, zona en la que se ubica el curso bajo de la cuenca.

c) Clima

Utilizando el sistema de clasificación de Koeppen, modificado por García para ser utilizado en México, se distinguen los siguientes grupos climáticos para la cuenca:

- Semicálido-húmedo (A)C: Intermedio entre cálido A y los templados C; presenta un subgrupo denominado (A)C(wo'')(w)a(e), el cual es atribuido a la cuenca alta del río San Marcos (laderas de la Sierra Madre Oriental), con un porcentaje de lluvia invernal de 5% de la anual; presenta, además, sequía intra-estival (w''), es decir, que hay un descenso temporal de la precipitación a la mitad de la época lluviosa; a este fenómeno también se le conoce con el nombre de "canícula". Es el más seco de los sub-húmedos (wo), pues, presenta un P/T menor de 43.2; sus veranos son cálidos y largos "a" y, por la oscilación de la temperatura media, es extremoso (e).
- Semiárido (BS): Clima en el que la evaporación excede a la precipitación; presenta dos subtipos, Bso, y BS1, de los cuales el menos seco es el segundo. Para la cuenca media y la baja se considera como sus climas al BS1 (h')w''(e), el cual presenta un P/T mayor de 22.9 y una temperatura media del mes más frío superior a 18°C.

Para determinar el clima correspondiente a las tres partes de la cuenca, se utilizó como referencia el clima que les atribuyen a las zonas donde se hallan las estaciones meteorológicas de Tamatán (próxima a la base de la cuenca alta) y Cd. Victoria (cuenca media), y la Carta Climática hecha para la zona centro de Tamaulipas.

d) Geología

d.1. Estratigrafía

Existen unidades que atestiguan un tiempo geológico en la cuenca que va desde el Precámbrico hasta el Presente.

El Precámbrico está representado por rocas metamórficas (Gneis) de mediano y alto grado, originadas a partir de rocas sedimentarias e ígneas. Se hallan ubicadas en la parte norte de la zona alta de la cuenca en la Quebrada del Novillo.

El registro del Paleozoico está impreso en rocas metamórficas (esquistos y serpentinita), las que se ubican en la zona alta de la cuenca, en la Quebrada del Novillo.

Del Mesozoico existen afloramientos de rocas sedimentarias (calizas y lutitas) del Jurásico y Cretácico. Las del Jurásico ocupan una pequeña franja alrededor de las rocas del Precámbrico y Paleozoico, en la Quebrada del Novillo. Las rocas del Cretácico ocupan más del 50% del área total de la zona alta de la cuenca, conformando parte de los otros cinco arroyos que forman el río San Marcos.

El Cenozoico está representado por rocas sedimentarias (lutitas y conglomerados); conforman un 40% a 50% del área total de la cuenca baja.

Del Cuaternario existen suelos aluviales que son el elemento principal de la cuenca baja, constituyendo entre el 50 y el 60% del área de la cuenca baja. (SSP, 1982: Carta Geológica).

d.2. Litología Superficial

En cuanto a la litología superficial, los afloramientos de rocas sedimentarias son los predominantes, destacando las calizas y las lutitas, sobre todo en las zonas alta y media de la cuenca, mientras que toda la zona baja está conformada por conglomerados, lutitas y, en un 50%, por suelos aluviales.

e) Suelo

Los suelos de la cuenca alta son, fundamentalmente, regosoles y litosoles, y de una textura media en sus 30 cms. superficiales. Existen, además, en esta área, los suelos del tipo rendzinas y cambisol eútrico, con una textura fina.

Los suelos de la cuenca media son rendzínicos, además de estar presentes regosoles y litosoles, con textura media. Secundariamente, existe chernozem cálcico con textura fina.

En la cuenca baja los suelos son rendzínicos y vertisoles, fundamentalmente, con textura fina. Muy secundariamente, está presente el chernozem cálcico, con textura media (Fig. 3).

f) Hidrología

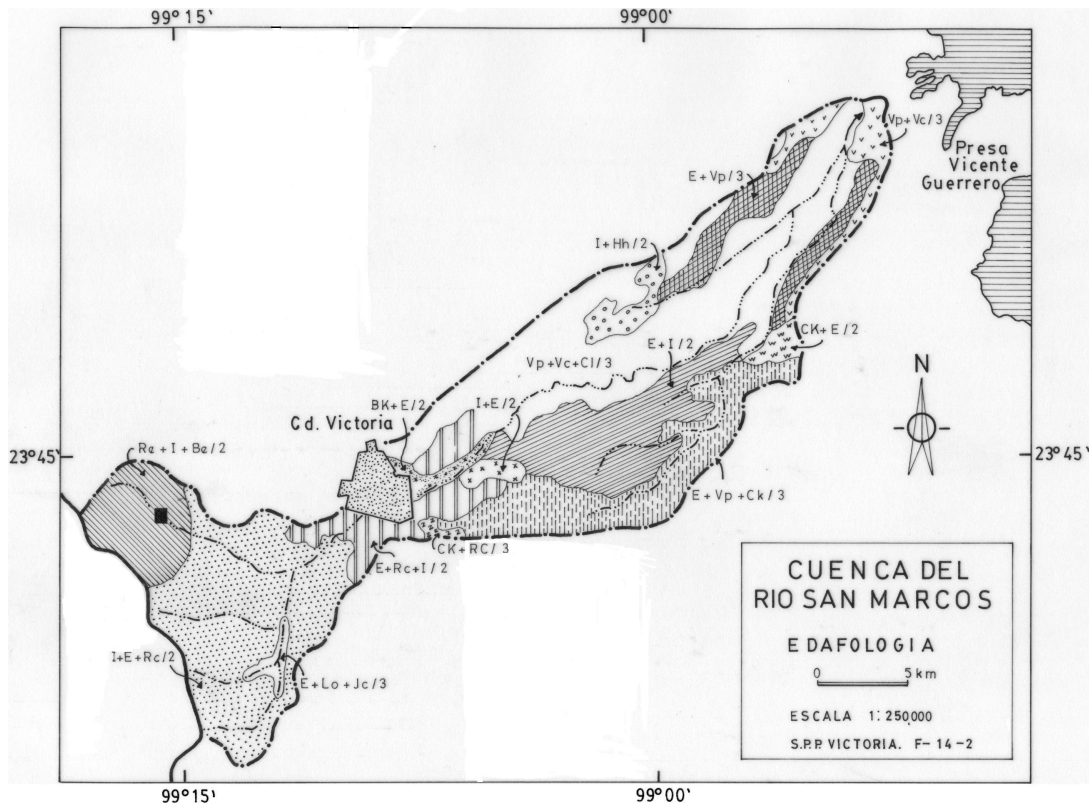
El río San Marcos tiene su origen en la Sierra Madre Oriental, su curso sigue una trayectoria de Sur-Oeste a Nor-Este y tiene una longitud aproximada de 48 Kms. Cruza Ciudad Victoria para, finalmente, ir a desembocar a la Presa Vicente Guerrero.

La cuenca del río San Marcos es considerada como una subcuenca de la cuenca del río Soto La Marina (21,163 Km), la más importante del Estado de Tamaulipas (Fig. 1).

El río San Marcos está formado por la afluencia de 6 arroyos de los cuales el principal es el arroyo del “Novillo” seguido de los arroyos “Los Lobos”, “La Carne”, “La Renegada”, “La Mata” y “California”. El sistema de drenaje que forman estos arroyos es del tipo pinnado, el cual está muy ramificado llegando a formar arroyos de cuarto orden dentro de la jerarquía de la Red Hidrológica.

Dado que el curso del río es muy irregular, a lo largo del año y de año en año, la cuenca puede ser considerada arreica.

Fig. 3. Mapa de Suelos de la Cuenca del Río San Marcos



El río San Marcos cuenta con una estación hidrométrica, a la altura de Tamatán, aunque sus registros de aforo no han sido publicados.

El agua proveniente de los arroyos, que nacen en la Sierra Madre Oriental, que confluyen para formar el río San Marcos, es entubada y procesada antes de cruzar Cd. Victoria para ser usada por la población de la Estación de Bombeo “La Peñita”, que pertenece a la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (COAPA) del Gobierno Estatal.

g) Vegetación

La vegetación de la cuenca ha sido estudiada en forma indirecta por varios proyectos, realizados por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1970), el Instituto de Biología (1971) y la Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de agostadero (COTECOCA, 1978) de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos (SARH), entre otros.

Las tres formas de clasificación de la vegetación de la cuenca difieren más en terminología que en contenido.

h) Población

El principal asentamiento humano ubicado dentro de la cuenca del río San Marcos es Ciudad Victoria, capital del Estado. Esta ciudad ha presentado un incremento poblacional notorio en las últimas décadas, estimándose actualmente que el número de sus habitantes llega a 200,000. Para 1980, la población total fue de 153,206

habitantes, de los cuales 49,616 son económicamente activos y se distribuyen en las siguientes ocupaciones:

ACTIVIDAD		POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)
1.	Servicios	11,771
2.	Comercio	5,465
3.	Construcción	5,271
4.	Industria	4,176
5.	Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza	3,754
6.	Establecimientos financieros	1,961
7.	Transporte	1,961
8.	Electricidad, gas y agua	161
9.	Explotación de minas y canteras	111
10.	Actividades insuficientemente especificadas	15,399

Fuente: Censo General de Población y Vivienda, 1980

2. Metodología

a. Vegetación y uso del suelo

a.1 Recopilación bibliográfica

Se recopiló y analizó información sobre la vegetación y uso del suelo del área de estudio. De los trabajos realizados por instituciones como CENTENAL, SPP, COTECOCA, Instituto de Biología, se delimitaron a grosso modo los tipos de vegetación y usos del suelo que pudieran estar incluidos dentro del área geográfica de la cuenca del río San Marcos y se enlistaron las especies reportadas para cada uno de ellos. La clasificación de vegetación utilizada por los investigadores que habían trabajado en partes de la zona de estudio u otras aledañas fue la de Miranda Hernández X. (1963). Los criterios empleados por estos autores son fisonómicos y estructurales (tales como, altura de la vegetación, grado de caducifoleidad, presencia de elementos espinosos o inermes, formas de vida), y florísticos, entre otros.

a.2 Elaboración del Mapa de Vegetación y Uso del Suelo

Se clasificaron los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo de las cuencas alta y baja en base a un reconocimiento aerofotográfico de sus elementos de vegetación y usos del suelo y mediante la elaboración de un mapa planimétrico.

a.3 Reconocimiento de campo

Se realizaron varias salidas de reconocimiento y familiarización con los tipos de vegetación y el uso del suelo identificados para la cuenca a través de la bibliografía y el material aerofotográfico.

a.4 Muestreo

Para muestrear la vegetación se utilizó el muestreo estratificado (un caso particular del muestreo preferencial) con el fin de ganar precisión frente a un muestreo aleatorio. Se utilizó la información obtenida en la fotointerpretación para hacer la estratificación. Cada tipo de vegetación constituyó un estrato y, en cada uno de ellos, se estableció un tamaño de muestra de acuerdo a la proporción que guardaba la extensión del estrato respecto a la extensión total de la cuenca. La forma de la unidad muestral fue la de un cuadrado fijo y su tamaño fue de 400

m., determinado en base a lo experimentado en otros trabajos realizados (González Medrano, 1966, 1971) sobre tipos de vegetación semejantes a los del área de estudio, en lugares aledaños a la cuenca.

El criterio de distribución de las unidades muestrales en los estratos de la cuenca alta fue el fisiográfico, específicamente, el de ubicación en la quebrada (ladera orientada al Norte, centro de quebrada y ladera orientada al Sur).

El modelo de distribución de las unidades muestrales en los estratos de las cuencas media y baja fue el aleatorio.

Cada cuadrante (400 m^2) fue dividido en sub-cuadrados de 100, 25 y 1 m^2 destinados al registro de árboles, subarbores y hierbas, respectivamente.

Dentro de cada cuadrante se realizaron las siguientes medidas a la vegetación:

- Espesor de dosel: diferencia entre altura máxima y altura a la base de la copa
- Cobertura: A partir de la medición de dos diámetros perpendiculares de la copa, y a partir de estos dos valores se calculó la cobertura aplicando la fórmula:

$$\text{Cobertura} = ((\text{Diám. 1} + \text{Diám. 2}) / 4)^2 \times 3.1416$$

b. Balance Hídrico (B.H.)

Las condiciones fisiográficas son muy particulares dentro de cada zona y ello afecta la estructura del balance hídrico local. A veces, se puede llegar a tener áreas adyacentes geográficamente con balances muy distintos, debido a una diferenciación en cuanto a los factores suelo (en especial en lo relacionado con la característica de permeabilidad), cobertura vegetal y topografía, entre las principales.

La realización de un estudio de este tipo, el mayor número de factores a considerar está en función directa de la disponibilidad económica y de los objetivos del trabajo, por lo que la ecuación del balance hídrico utilizada en el presente estudio fue la siguiente:

$$P = Q_s + \text{EVT} + Q_{\text{subt}}$$

donde:

P: precipitación

Q_s : escorrentía superficial

Q_{subt} : escorrentía subterránea

EVT: evapotranspiración

Se asumió que durante un ciclo anual (año hidrológico) la cantidad de agua que ingresa a la cuenca alta es muy próxima a la que sale. En el balance hídrico de una cuenca, después de varios años de observaciones (período de calibración) el cambio en el almacenamiento de agua tiende a aproximarse a cero (Hewlett, 1982).

De acuerdo a lo mencionado en el inicio, se dedujo que el balance hídrico debería ser diferente en las tres partes de la cuenca (alta, media y baja), así que se decidió resolver la ecuación solamente para una de ellas. De éstas se escogió a la cuenca alta, por considerarla el área de captación o recepción de la mayor cantidad de agua que ingresa a la cuenca en general, además que para esta zona se contaba con información disponible acerca del agua de escurrimiento superficial y subterránea, por varios años. Esta zona está constituida por torrenteras, torrentes y arroyos que drenan las aguas precipitadas hacia la cuencas media y baja. Tomada esta decisión, se procedió a instalar el equipo meteorológico necesario para el cálculo del agua que ingresa y sale en las vertientes de la Sierra Madre Oriental, que conforman la cuenca alta, con una extensión de 10,750 has. Cabe agregar, finalmente, que la ecuación básica del B.H. se pudo aplicar en la cuenca alta porque en ella no existen obras que alteren de alguna forma el equilibrio hidrológico natural (vasos artificiales, importación o derivación de agua a otras regiones, etc.), condición necesaria que hace notar Maderey (1971) en su estudio de B.H. de la cuenca del río Tizar, en el Valle de México.

Procedimiento: Registro de los Principales Componentes del Balance Hídrico de la Cuenca Alta

En un período de 12 meses (Febrero 1986 – Enero 1987) fueron cuantificados los siguientes elementos componentes de la ecuación del B.H. de la cuenca alta:

- b.1 Precipitación
- b.2 Escorrentía superficial
- b.3 Escorrentía subterránea
- b.4 Evapotranspiración

b.1 Precipitación (P)

El conocimiento de la cantidad de lluvia precipitada es fundamental para el estudio hidrológico de una zona, debido a que su volumen total, en un período dado, es el principal componente de la cantidad de agua que ingresa a la zona y, por lo tanto, es un indicador cuantitativo de suma importancia del recursos agua con que se cuenta.

La precipitación fue registrada, como ya se mencionó, a través de una red pluviométrica tipo ubicada en la cuenca alta, siguiendo un patrón de distribución del tipo Polígonos de Thiessen, con el fin de registrar con mayor precisión el volumen de agua que caía en las laderas de las estribaciones que conforman el área de captación de la cuenca. Este método de Polígonos de Thiessen es considerado el más conveniente para zonas con topografía accidentada (Maderey, 1971), aunque el uso de las isoyetas como referencia es también muy recomendado.

b.2 Escorrentía superficial (Qs)

En el presente trabajo se utilizó, para la cuantificación del Qs, la información sobre Gastos de Agua Diarios en litros por segundo (L/s), que se registran diariamente (a las 9:00 horas) en la Estación de Bombeo La Peña, perteneciente a la Comisión e Agua Potable y Alcantarillado (COAPA) de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Esta estación se ubica estratégicamente al inicio de lo que es el “cuello de la cuenca” cuya función es, precisamente, la de colector general, razón por la cual algunos autores lo llaman canal

de conducción. Se encuentra a unos 400 msnm. y recibe el agua que aflora de seis arroyos que componen la cuenca alta (Fig. 4).

Los registros de los gastos se hicieron utilizando una “Caja Aforadora Parshall”.

La suma de los gastos (L/s) de cada uno de ellos fue considerada como la cantidad de agua que “exporta” la cuenca, la Q_s de la ecuación del B.H.

La Estación de “La Peñita” cuenta con información de gastos de agua diarios desde el año 1981; ésta fue ordenada y procesada con el fin de compararla con la información del año de estudio (1986).

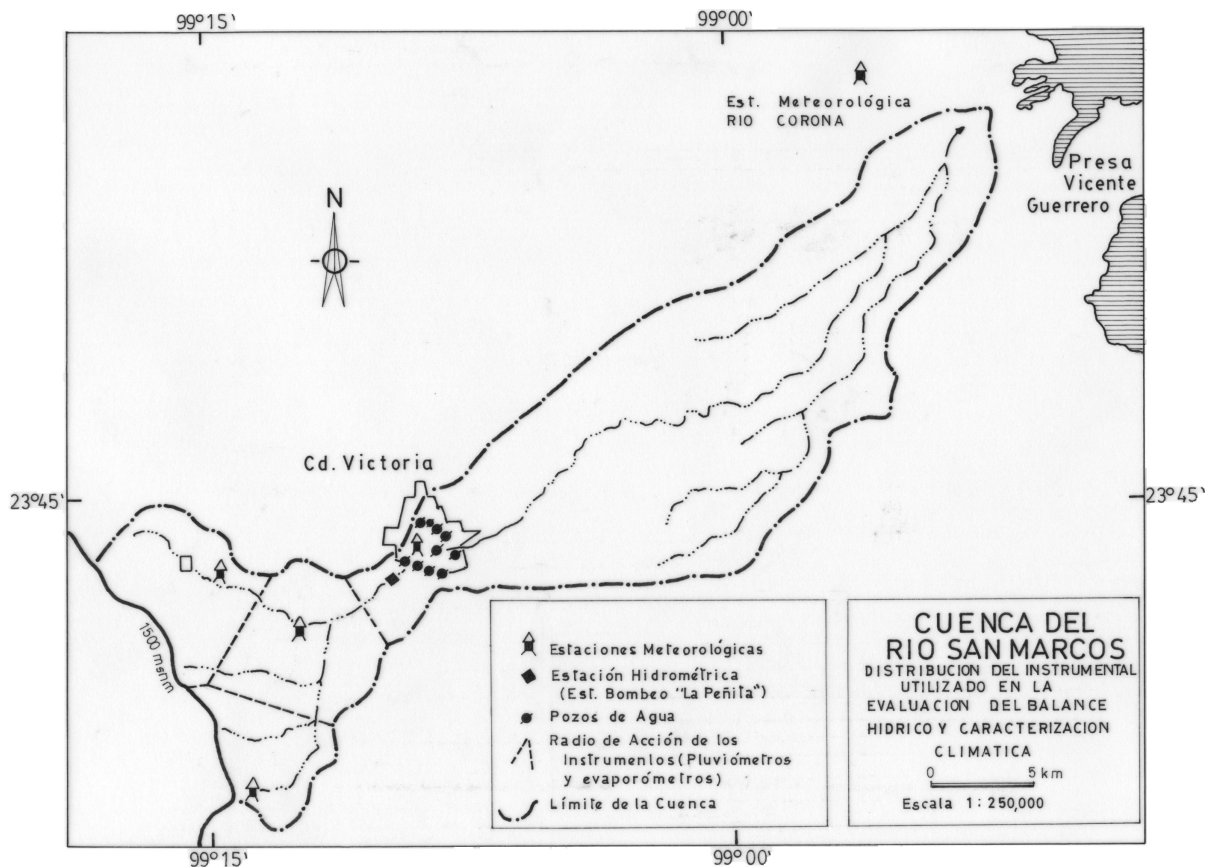
b.3 Escorrentía Subterránea (Q_{subt})

El depósito de agua subterránea alimentado por infiltración fue otro de los elementos del B.H. que se evaluó.

La infiltración, en general, es uno de los momentos del ciclo hidrológico que presenta mayor dificultad para ser cuantificado. Una forma de evaluación indirecta, pero aceptable y aproximada, es a través del registro de las fluctuaciones de los niveles de agua de los pozos (Maderrey, 1971). Al finalizar la cuenca alta del río San Marcos (al inicio, en el primer tercio, de la cuenca media) se ubica una red de 106 pozos que extraen agua del subsuelo, distribuidos en los alrededores y dentro del asentamiento poblacional: Cd. Victoria. De todos ellos, tres son muy importantes (“Arce”, “La Coma” y “Hogar del Niño”) por los gastos diarios que presentan, y están bajo el control de COAPA. Los restantes (103) son particulares y se hallan ubicados, principalmente, dentro de la ciudad.

A partir de la producción de agua de cada uno de estos pozos, se obtuvo un gasto promedio para la zona, el cual pasó a formar parte de la ecuación del B.H. como

Fig. 4. Distribución del instrumental utilizado en la evaluación del Balance Hídrico y Caracterización Climática



b.4 Evapotranspiración (EVT)

En una cuenca, la evaporación y la transpiración ocurren en los lugares donde el agua o humedad quedan expuestas a la atmósfera (cuerpos de agua libre), en el suelo (a partir de su humedad) y en las plantas (a través de sus funciones biológicas o del agua expuesta en la superficie del dosel) (Maderey, 1971).

“Los términos evaporación total o evapotranspiración corresponden a la suma de la evaporación que se produce en los cuerpos de agua, en el suelo y en las plantas” (Op. Cit.). Por otro lado, se han establecido dos conceptos con respecto a este elemento del B.H., que son: la evapotranspiración potencial (EVT.P) y la evapotranspiración real (EVT.R.).

Evapotranspiración potencial: “Ha sido definida por Thornthwaite como la cantidad de agua que se evaporaría de la superficie del suelo y la que transpirarían las plantas si el suelo tuviera un contenido óptimo de humedad. El contenido óptimo de humedad es aquel que se retiene por la sola fuerza de su capilaridad, cuando el suelo se ha saturado, vale decir, es su humedad equivalente a la capacidad de campo” (Burgos y Vidal, 1949).

Evapotranspiración real: “por otro lado, la define Thornthwaite como la cantidad de agua que realmente evapora el suelo y transpiran las plantas, en un intervalo de tiempo dado, y de acuerdo con su circunstancial contenido de humedad” (Op.cit.).

La evapotranspiración es, pues, considerada como un fenómeno inverso al de la lluvia y su conocimiento nos permitirá establecer el grado en que las precipitaciones satisfacen los requerimientos de agua de la cuenca. En el presente trabajo se calculó la EVT.P a partir de los datos de evaporación obtenidos del tanque evaporómetro tipo A, en la medida que “los tanques de evaporación , tal como el tanque Clase A, provee probablemente el mejor método de obtener un índice de la evapotranspiración potencial” (Dume y Leopold, 1978: 128). Mientras que la evapotranspiración real se calculó de dos formas utilizando la metodología propuesta por Thornthwaite (citada por Maderey, 1982) y por deducción, a partir de los otros elementos del B.H. calculados, con la fórmula:

$$EVT.R = P - (Q_s + Q_{subt})$$

Resultados y Discusión

1. VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

a. Mapas de tipos de vegetación y uso del suelo

De acuerdo al objetivo de tener una visión general de la distribución y extensión actual del factor vegetación del área de estudio. Se diferenciaron los siguientes tipos de vegetación y uso del suelo para las tres partes de la cuenca:

Cuenca Alta (450 - 1500 msnm)	Cuenca Media (250 - 400 msnm)	Cuenca Baja (150 - 250 msnm)
Bosque de Pino –Encino Bosque de Encinos Matorral Alto Sub-inerme Selva Baja Subcaducifolia Vegetación secundaria Pastizal inducido	Matorral Sub-inerme Selva Baja Caducifolia Agricultura Pastizal gramíneas Zona urbana Zona Industrial	Matorral Mediano Espinoso con yucca Matorral alto Sub-inerme Matorral Alto Espinoso Selva Baja Caducifolia Agricultura Pastizal Zona industrial

Para el establecimiento de las especies principales en cada tipo de vegetación natural, se utilizó como criterio al Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual coincidió en sus valores con la fisonomía del paisaje de cada tipo de vegetación que se observó en el campo.

Se pudo apreciar que hubo correspondencia entre el tipo de suelo y el uso que se le da, y así tenemos que, las áreas con cultivos corresponden a suelo aluviales, vertisoles y rendzínicos y de topografía plana, por esta razón, el mayor porcentaje de superficie dedicada a la agricultura se distribuye, principalmente, en la cuenca media y en la cuenca baja.

Las vertientes que conforman la cuenca alta, con pendientes hasta de 45%, de suelos regosólicos y litosólicos, delgados y, en algunas zonas, con alto porcentaje de pedregosidad, cubiertos por matorrales, selvas y bosque, no han sido integradas a la actividad agrícola, aunque sí soportan las actividades de tala selectiva clandestina y

ganadería incipiente. Finalmente, habría que señalar que el material aerofotográfico trabajado constituye, por su año de procedencia (1969 – 1970), una limitante para destacar procesos tales como el efecto que ha tenido el incremento de área agrícola a costa del matorral alto espinoso en la cuenca, del cual ya casi no existe, actualmente, ni la cuarta parte de las 3,402 has. que presentaba hace 16 años, y, aún así, las que quedan se hallan totalmente fragmentadas. Su ubicación sobre suelos del tipo vertisol, profundos, con topografía plana, lo hicieron vulnerable a la expansión de la agricultura. De igual forma, el matorral mediano espinoso con Yucca, aunque en menor grado, ha sido perturbado pero por acción del sobrepastoreo, que se aprecia en el crecimiento tortuosos, ápices de tallos y ramas mordisqueadas (las que presentan desarrollo mayor, en sus ramas inferiores presentan efectos de mordidas del ganado) tal como lo hace notar González Medrano, al referirse al estado de este tipo de vegetación, ya en 1971: Por otro lado, el matorral alto subinerme también ha sufrido procesos de destrucción y fragmentación durante estos últimos 16 años, hecho que no registran las fotos; las causas principales: la expansión de Cd. Victoria y de las tierras agrícolas. Así, pues, en las zonas de los alrededores de Ciudad Victoria se están levantando nuevas colonias (“Solidaridad”, “Ejido 7 de Noviembre”, ...) e, inclusive, bases militares sobre el desmonte de este matorral, que además está sufriendo una tala selectiva en la cuenca alta.

Los bosques de las partes altas son los que menos han sufrido, aunque la tala clandestina, los incendios forestales y la actividad minera en una de las quebradas (Cañón del Novillo) de la cuenca alta están constituyéndose cada día en un peligro potencial para estas comunidades (Cuadro 1).

Cuadro 1
Superficies cubiertas por las clases de los mapas de tipo de vegetación y uso del
suelo de la Cuenca del río San Marcos, Tamaulipas 1970

suelo de la Cuenca del Río San Marcos, Tamaulipas 17%				
Ubicación En la Cuenca	Area Total (has.)	Clases Definidas	Area Cubierta (has.)	Porcentaje (%)
Cuenca Alta	10,752	Bosque de Pino-Encino	2,918	27.1
		Bosque de Encinos	2,614	24.1
		Selva Baja subcaducifolia	1,402	13.4
		Matorral Alto Subinerme	3,577	33.2
		Vegetación Secundaria	153	1.4
		Pastizal Inducido	88	0.8
Cuenca Media	7,431	Matorral Alto Subinerme	2,449	32.9
		Selva Baja subcaducifolia **	94	1.3
		Agricultura*	3,708	49.9
		Pastizal (cult. ó induc.)	90	1.2
		Zona Industrial	31	0.4
		Zona Urbana (Cd. Victoria)	1,059	14.2
Cuenca Baja	22,753	Matorral Mediano Espinoso con Yucca	5,822	25.6
		Matorral Alto Subinerme	6,185	27.2
		Matorral Alto Espinoso	3,402	15.0
		Selva Baja Subcaducifolia **	321	1.4
		Agricultura*	6,413	28.1
		Pastizal	596	2.6
		Zona industrial	14	0.06
TOTAL	40,936 has.			

Nota: Las áreas calculadas tienen carácter aproximativo debido a que se han obtenido a partir de aerofotografía, cuyas escalas son aproximativas.

* De temporal, principalmente

**Vegetación Riparia

b. Análisis de Vegetación

b.1 Distribución vertical

El espesor de dosel fue uno de los datos calculados de la vegetación, en la medida que nos interesaba saber el grado de protección del suelo frente a la precipitación y su papel en el ciclo hidrológico, y así tenemos que al analizar el Cuadro 2 podemos concluir que es el bosque de encino (de la cuenca alta) el tipo de vegetación que mejor protegido tiene el suelo, llegando a sumar 11 metros entre los cuatro estratos naturales que presenta; igualmente, la selva baja subcaducifolia y el matorral alto subinerme, los cuales totalizaron hasta 8 m. de espesor de vegetación y, por el contrario, el matorral mediano espinoso con Yucca es el menor con 5.6 m. No hay que olvidar que esto se ve alterado por otros factores como son la densidad y la cobertura de las especies, pero aquí se está destacando el carácter vertical de la vegetación.

b.2 Densidad

A partir del Cuadro 3 se puede apreciar, en cuanto al número de individuo por hectárea, sobre todo en el estrato arbóreo, que éste es mucho mayor en las zonas más altas de la cuenca, llegando a alcanzar valores hasta de 700 árboles por ha. Y cuando este estrato presenta valores bajos, como en el matorral alto subinerme (100 arb./ha.), entonces se crean mejores condiciones de luminosidad favorables para el desarrollo de los estratos arbustivo y subarbustivo, y así tenemos que, precisamente, este tipo de vegetación

muestra a su vez los valores más altos de densidad para los estratos más pequeños (1,962 arbustos /ha. y 95,200 subarbustos /ha.)

b.3 Cobertura vegetal

En términos generales, la cobertura guardó una relación directa con la densidad, y así tenemos que los tipos de vegetación bosques de encino y pino-encino presentaron, para el estrato arbóreo, los mayores valores de cobertura, 162.5 y 166% por hectárea, respectivamente. De igual modo es la cuenca alta la que mayores valores de cobertura vegetal presenta.

Cuadro 2
Espesor de Dosel de la Vegetación de la Cuenca del Río San Marcos,
Tamaulipas (metros)

Ubicación en la Cuenca	Tipo de Vegetación	ESTRATOS			
		Arbóreo	Arbustivo	Subarbustivo	Herbáceo
Cuenca Alta	Bosque de Encinos	7.4	2.4	0.8	0.3
	Bosque de Pino-Encino	4.2	2.4	0.9	0.4
	Selva Baja	4.5	2.3	1.2	0.4
	Subcaducifolia	4.2	3.1	0.8	0.2
Cuenca Media	Matorral Alto				
	Subinerme	2.5	2.3	0.8	
Cuenca Baja	Matorral Alto				
	Subinerme				
		4.3	3.1	1.4	0.3
		2.5	1.9	0.9	0.3
	Matorral Alto Espinoso				
	Matorral Mediano				
	Espinoso con Yucca				

Cuadro 3
Número de individuos por ha. de la Vegetación Leñosa de la Cuenca del Río
San Marcos, Tamaulipas

Ubicación en la Cuenca	Tipo de Vegetación	Estratos		
		Arbóreo	Arbustivo	Subarbustivo
Cuenca Alta	Bosque de Encinos	700	431	15300
	Bosque de Pino-Encino	650	50	12266
	Selva Baja Subcaducifolia	550	566	56666
	Matorral Alto Subinerme	235	1580	30080
Cuenca Media	Matorral Alto Subinerme	100	1962	95200
Cuenca Baja	Matorral Alto Espinoso	50	375	3200
	Matorral Mediano Espinoso con Yucca	287	237	12200

2. BALANCE HIDRICO

Como expresión cuantitativa que es del ciclo hidrológico y sus componentes, se presentan a continuación las cantidades con que participan cada uno de los elementos componentes de la evaluación básica del balance hídrico, en este caso, referido a la cuenca alta del río San Marcos y por el período de un año (Febrero 1986 – Enero 1987).

Al área de captación (cuenca alta) del río San Marcos, con una extensión aproximada de 10,750 has., ingresaron 96.6 millones de m³, principalmente, entre los meses de Mayo y Setiembre. Este volumen de agua fue interceptado por una cobertura vegetal fundamentalmente densa (75 – 100% C.V.), compuesta de bosques, selvas y matorrales, con espesores de doseles que van de 2.5 m (matorral alto subinermes) a 7.4 m. (bosque de encinos), solamente para el estrato arbóreo, y de 8 m. (matorral alto subinermes) a 11 m. (bosque de encinos), si tomamos en cuenta los estratos arbóreo, arbustivo, subarbustivo y herbáceo; esto nos da algunos elementos (pues, también cuenta la arquitectura del dosel) del grado de protección con que cuentan los suelos de estos tipos de vegetación frente al impacto directo del volumen de agua que ingresa a la cuenca. Parte del agua que incide sobre la vegetación es retenida por ella para su uso interno y transpirada, luego; otra es retenida y evaporada en la superficie del follaje, la restante se escurre de las hojas y ramas hacia los tallos, en los cuales es también retenido algo para, finalmente, alcanzar el suelo. La cantidad de agua que transpiran las plantas, más el agua que se evapora del suelo y de la superficie del follaje mismo, es decir, la evapotranspiración, constituye la primera salida de agua de la cuenca, conformando nada menos que el 89.3% del total ingresado, lo que está relacionado con la alta densidad de vegetación y la temperatura de esta zona (24°C de temperatura media anual).

El resto del agua que sobrepasó a la capa de vegetación y llegó al suelo y, a su vez, no se evaporó, se infiltró en el subsuelo o se escurrió a través de la superficie hacia las partes más bajas. Esta agua escurrida debido a las características geológicas del sustrato, impermeable en la parte alta y permeable en la base de la cuenca alta, viaja superficialmente en un primer tramo, luego, se interna en el subsuelo para, finalmente, volver a aflorar en terrenos donde la permeabilidad es baja; esta agua constituye el 10.5% del total precipitado.

Finalmente, la fase de infiltración –en la que parte del agua va a escurrir por el subsuelo, también, hacia las áreas bajas absorbió tal sólo el 0.17% del volumen de agua que ingresó.

De esta manera, quedó comprobado a grosso modo el presupuesto de agua durante un año para la cuenca alta (Figs. 5 y 6). Sin embargo, no hay que olvidar que el presente trabajo es producto de sólo un año de observaciones (1986) y carece de un período de calibración, de tal forma que un estudio que abarque más años (mínimo se recomienda unos 10 años) podrá confirmar o rectificar los resultados y conclusiones que aquí se han expuesto. Por otro lado, habría que destacar que un estudio en el que se estime de manera más aproximada la evapotranspiración, en el que se afinen las lecturas de gastos de agua y se detallen, más aún, las características geológicas del sustrato, delimitaría con más precisión el presente balance hídrico, razón por la que se le da un carácter aproximativo a este estudio, cuyo objetivo principal es dar una idea general sobre la dimensión del recurso hídrico con que se cuenta en estos momentos para satisfacer las necesidades de consumo humano, agrícolas, ganaderas e industriales.

En cuanto al comportamiento mensual del balance hídrico, tal como se puede apreciar en la Fig. 6, se presentaron períodos de déficit de humedad en el suelo entre los meses de Noviembre y Enero, y de Febrero a Abril, además del marcado déficit que se observó durante Julio en el que la precipitación cayó abruptamente conformando, como

ya se ha mencionado, la llamada sequía intra-estival. Mayo y Junio, por otro lado, constituyeron los meses de recarga de humedad del suelo. En cuanto al escurrimiento superficial, éste presentó sus máximos durante los meses de mayor precipitación (Junio y Setiembre), lo cual significa que no hubo un desfase entre la precipitación y la escorrentía superficial.

3. VEGETACION Y BALANCE HIDRICO

Uno de los problemas más serios que afronta el principal asentamiento humano de la cuenca, Cd. Victoria, es el del agua. Vivido a diario por la población y aceptado por las autoridades este problema se torna cada vez más apremiante, sobre todo, en los meses de estío (Enero – Abril) del principal abastecedor de agua de la capital: el río San Marcos.

Fig. 5. Balance Hídrico de la Cuenca Alta del Río San Marcos, Tamaulipas (Enero 1986-Febrero 1987)

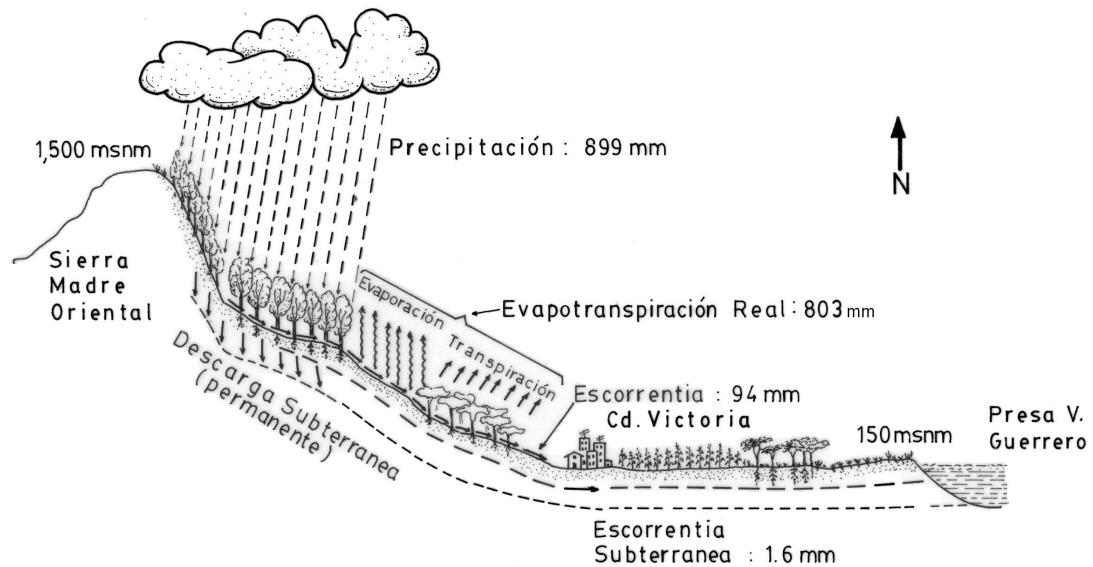
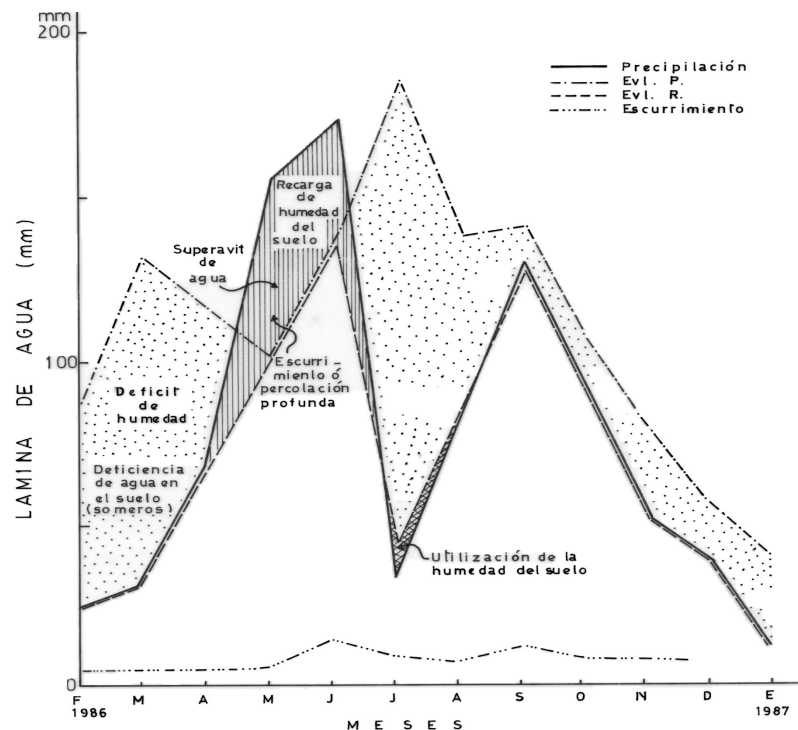


Fig. 6. Resultados del Balance Hídrico mensual de la Cuenca Alta del Río San Marcos, Tamaulipas



Como ya se ha mencionado anteriormente, el empuje demográfico de las dos últimas décadas ha puesto en dificultades la relación oferta-demanda del recurso hídrico en la cuenca. De estos dos aspectos se tratará seguidamente de una manera sucinta.

El papel de la vegetación en esta situación es lo que se discute seguidamente.

A. Oferta. El Balance Hídrico: El papel de los Bosque, Matorrales y Selvas de la Sierra Madre Oriental.

De acuerdo a lo obtenido en este trabajo, el potencial hídrico de la cuenca, en su área de captación, fue de 96.6 millones de m³/año (1986), que ingresaron vía precipitación de este total tan sólo se aprovecha, aproximadamente, el 11% aún captando la casi totalidad del agua de escorrentía subsuperficial. El 89% restante se pierde (desde el punto de vista del hombre) a través de la transpiración de la vegetación natural, más la evaporación de la superficie de las hojas, ramas y tallos de las plantas. Frente a esto parecería, en primera instancia, que la vegetación juega un papel contrario en el aumento de la producción del agua en la cuenca, lo cual hizo pensar a varios técnicos que si se desmontaba toda la cubierta vegetal se podría incrementar el volumen del agua disponible –cosa que es cierta- pero a la vez tiene fuertes inconvenientes o, al menos, tiene dos deficiencias como lo hace notar Bullard (1972: 258):

- En una cuenca protegida el flujo es regular y el agua, la mayor parte del año, es clara y limpia. En una cuenca desnuda, excepto en periodos de flujo bajo, es rápido y sucia. Cualquier ganancia en cantidad, con frecuencia, es hecha sacrificando calidad y el tiempo de ganancia es tal que se necesita un espacio de almacenamiento para aprovecharla. El espacio de almacenamiento en el suelo no es completamente utilizado.
- Las cuencas desnudas no son naturales, la tendencia en la naturaleza es hacia la cobertura. Las rocas se rompen mediante procesos mecánicos de intemperización para formar partículas de suelo. Los líquenes y musgos trabajan sobre éstas para acelerar el proceso de construcción del suelo. Conforme se desarrolla el suelo una gran variedad de vida vegetal se desarrolla.

En nuestro caso resultaría absurdo este planteamiento del desmonte, pues, talar los bosques y matorrales con el fin de aumentar cuantitativamente el agua disponible significaría, en primer lugar, exponer los suelos de las vertientes, de por sí delgados, a un proceso de erosión hídrica acelerado, pues, el agua se convertiría en violenta (por la fuerte pendiente) y con alto nivel de azolves, se crearían condiciones para posibles inundaciones, se reduciría el manto freático, y los suelos fértiles de las zonas bajas se cubrirían con suelos infértiles de la cuenca alta; y esto sin tomar en cuenta los cambios microclimáticos, así como la destrucción de la diversidad biológica a través de la deforestación y, con ello, la destrucción de hábitats de la fauna silvestre, entre otros efectos. Claro está que, puede plantearse

también la opción de reemplazar las especies presentes por otras que transpiren menos, pero los costos son altos. En conclusión, podemos decir, concordando con Bullard, que el 89% de pérdidas de agua es el precio pagado por la protección de la cobertura de la vegetación natural. Estos bosques, matorrales y selvas de las vertientes de la Sierra Madre Oriental son, pues, un factor de conservación del agua que consume la capital, agua que es nada menos que la más barata que puede obtener Cd. Victoria para satisfacer sus requerimientos. Como diría un colega victorense (Jorge Jiménez): “la cuenca alta, con su vegetación y su suelo, es el cántaro de Victoria”.

B. Demanda

En la relación entre demanda y recursos hídricos disponibles, la primera se aproxima al límite de las posibilidades físicas de ser satisfecha por los segundos. El factor demográfico, a través del crecimiento de la población presiona directamente al recurso hídrico al aumentar la demanda del agua para el consumo.

La demanda estaba constituida por, aproximadamente, 250,000 habitantes para 1987, la cual era abastecida con agua potable, en un 75% por el río San Marcos, el resto lo aportaban pozos ubicados fuera de la cuenca. De mantenerse la tendencia media de crecimiento la población para el año 2,010 sería 3 veces mayor (aproximadamente, entre 600 y 650 mil habitantes), triplicándose con ello la demanda hídrica y, por lo tanto, superando con creces a la oferta del San Marcos. Es cierto que se puede obtener agua de las cuencas laterales, pero no hay que olvidar que es agua “comprometida” con actividades tan importantes, también, para la zona como es la agricultura y ganadería. Aún si se consiguiera el abastecimiento hídrico (que sería de 2,014 L/s) cabe la pregunta, cuál va a ser el destino de los, aproximadamente, 66.2 millones de m³ (contaminados) que se van a introducir a la cuenca al intentar satisfacer la creciente demanda hídrica? La cuenca baja es una zona semiárida, conformada por ecosistemas denominados frágiles, lo cual tornaría muy delicada la situación de querer utilizarla como el depósito de las nuevas aguas servidas, y esto sin considerar que es un espacio con actual uso ganadero y agrícola establecido. Entonces, el problema hídrico en la cuenca no debe ser abordado simplemente como un problema de índices cuantitativos (“el problema de la cuenca es de 1 m³/s, más ...”), sino que hay que tomar en cuenta los importantes cambios cualitativos que se van a generar, así como se destacan los costos económicos se deberá considerar los COSTOS AMBIENTALES, de igual forma deberá incluirse un cambio en los principios del uso y conservación del agua y una buena administración del CICLO HIDROLÓGICO, que conduzca a un perfeccionamiento del mismo, con medidas tales como la protección del receptor del agua que ingresa a través de la lluvia: la cobertura vegetal, del almacenador de la misma: el suelo, y el acopio de aguas subterráneas.

El problema hídrico de una ciudad como Victoria, con una población en rápido crecimiento y una economía en expansión, debe ser solucionado entonces por medio de proyectos multilaterales, integrales, que privilegien no sólo el costo económico sino, sobre todo, lo ecológico, es decir, el patrimonio de los futuros

victorenses. La denominada “premisa hídrica” no es algo que vaya a surgir en los próximos años, pues, existen posibilidades de agregar nuevas fuentes de agua a las actuales, lo que sí puede ocurrir es un IMPACTO NEGATIVO sobre el ambiente natural si no se sabe manejar integralmente el ingreso de los, aproximadamente, 66 millones de metros cúbicos anuales a un ecosistema semirárido como es el de las cuencas media y baja.

Conclusiones

1. Composición y Estructura de la Vegetación

- (1) Dentro de la cuenca se registraron 6 tipos de vegetación, que ordenados en forma decreciente altitudinalmente fueron: bosque de pino-encino, bosque de encinos, matorral alto subinermes, selva baja subcaducifolia, matorral alto espinosos y matorral mediano espinoso con *Yucca*.
- (2) El tipo de vegetación natural de mayor extensión fue el matorral alto subinermes que se presentó tanto en la cuenca alta como en la media.
- (3) El tipo de vegetación más destruido fue el matorral alto espinoso.
- (4) Hubo una tendencia al aumento de las poblaciones de especies espinosas, que están desplazando a las inermes. Ejemplo: la “tenaza” (*Pithecellobium pallens*) ha desplazado como especie indicadora de los matorrales altos subinermes a la “barreta” (*Helietta parvifolia*). Todo lo cual podría ser el inicio de una desertización de la vegetación.
- (5) La vegetación presentó espesores de doseles entre 11 m. (bosque pino-encino) y 5.6 m. (matorral mediano espinoso con *Yucca*), sumando los cuatro estratos considerados (arbóreo, arbustivo, subarbustivo y herbáceo), mostrando de esta manera el papel cobertor del suelo que tiene la vegetación.

2. Ciclo Hidrológico: Balance Hídrico

- (1) El balance hídrico de la cuenca alta (1986) estuvo constituido por los siguientes elementos: ingresaron 96.6 millones de m³ vía precipitación, de éstos el 89.3% se evapotranspiró, el 10.5% constituyó la escorrentía y tan sólo el 0.17% pasó a conformar el flujo subterráneo.
- (2) La etapa del ciclo hidrológico que más consumió agua es la de la evapotranspiración, con casi el 90% del total ingresante. El mes de Junio fue el de máxima evapotranspiración.
- (3) El ingreso del volumen de agua a la cuenca no estuvo uniformemente distribuido a lo largo del año. En tres meses (Mayo, Junio y Setiembre) cayó el 51% del total anual.

3. Vegetación y Ciclo Hidrológico

Aunque la vegetación consume buena parte del agua que ingresa a la cuenca disminuyendo en términos absolutos la disponibilidad del agua para el principal asentamiento humano (Cd. Victoria), su papel es de suma importancia para tener

un flujo hídrico regular en el tiempo, claro y limpio, con unos suelos protegidos, un microclima equilibrado y una garantía de la diversidad biológica del medio. Todo lo cual está muy por encima del costo hídrico que esto significa, en términos absolutos, es decir, el 80% del agua que ingresa.

Referencias Bibliográficas

1. **Barradas, V.L. y Tejada M. A.** 1985. Manual de instrumentación biometeorológica (en prensa)
2. **Bullard, W.E.** 1972. "Effects of land use on water resources". En: Leo Smith, R. The ecology of man: An ecosystem approach. Harper & Row, Publishers, N.Y. pp 258-269.
3. **Burgos, J. Y Vidal, A.** 1949. "Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite". Revista Meteoros, Argentina. I: 3-11
4. **Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CENTENAL).** 1970. Carta: Uso del Suelo. Escala 1:50,000. México, D.F.
5. **Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA).** 1967. Metodología para determinar tipos de vegetativos, sitio y productividad de sitios. Publicación No. 8. México, D.F.
6. **Dume, Th y Leopold, L.** 1978. Water in environmental planning. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
7. **González Medrano, F.** 1966. La vegetación del nordeste de Tamaulipas, México. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
8. **Hewlett, J.D.** 1982. Principles of forest hydrology. The University of Georgia Press, Athens.
9. **Instituto de Biología. UNAM.** 1971. Estudio ecológico en "Las Adjuntas", Tamaulipas. México, D.F.
10. **Maderey R., L.** 1971 Balance hidrológico de la cuenca del Río Tizar, durante el período 1967-1968. Tesis Doctorado en Geografía, UNAM. México, D.F.
11. **Miranda, F. y Hernández X.** 1963. "Los tipos de vegetación de México y su clasificación" Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-178.
12. **Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP)** 1980, 1982, 1983, 1984 Cartas varias. México, D.F.
13. **Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) – Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.** 1983. X Censo general de población y vivienda. Vol. I y II, Tomo 28.
14. **Toledo, V.M. y Barrera B., N.** 1984. Ecología y desarrollo rural en Patzcuaro. Un modelo para análisis interdisciplinario de comunidades campesinas. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.

Distribución Altitudinal de las Especies Vegetales más frecuentes de las Lomas de Atiquipa de la Costa desértica sur del Perú (Arequipa)

Aldo Ceroni Stuva¹

¹ Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Agraria La Molina.
Av. La Molina s/n La Molina. Tel. 511 3495647 Ax. 271 Fax.: 511 3496015. E-mail:
aceroni@lamolina.edu.pe

Resumen

Se estudió la distribución altitudinal de las especies vegetales más frecuentes de las Lomas de Atiquipa (Arequipa). Las plantas fueron recolectadas entre los 100 y 1000 msnm., aproximadamente, registrándose las altitudes y la dominancia en cada piso altitudinal. El total de especies colectadas pertenecieron a 45 familias de dicotiledóneas y 5 de monocotiledóneas, siendo algunas especies como *Grindelia glutinosa*, *Phyla nodiflora*, *Heliotropium arborescens*, *Caesalpinia spinosa* y *Brugmansia x candida* claramente dominantes a determinadas altitudes. Se presentan además, datos sobre las especies de las familias mejor representadas, así como descripción e ilustración de las especies más frecuentes en las lomas.

Palabras clave: distribución altitudinal, lomas de Atiquipa,

Abstract

Altitudinal distribution of the most frequent plant species at Lomas de Atiquipa (Arequipa) was studied. Plants were collected from 100 to 1000 masl., registering altitude and dominancy at each altitudinal level. The species collected belong to 45 families of dicotyledons and 5 families of monocotyledons. Some species, as *G. Glutinosa*, *P. Nodiflora*, *H. Arborescens*, *C. Spinosa* and *B.x candida*, were clearly dominant at specific altitudes. Information about the species in the most representative families is presented, as well as, the description and illustration of the most frequent species.

Key words: altitudinal distribution, Lomas at Atiquipa.

Introducción

A lo largo de la costa peruana, que es sumamente árida, se encuentran unas formaciones vegetales de porte bajo, expansión limitada y fuerte peridiocidad: Las LOMAS (Torres y López, 1982). Estas se distribuyen, en general, desde los 30° Lat. Sur en Huasco y Coquimbo (Chile) hasta los 8° Lat. Sur en Trujillo (Perú) con las lomas de los Cerros Cabezón y Campana.

Los estudios e investigaciones acerca de las lomas del Perú, en general, son abundantes, pero pecan de ser muy generales y sólo se encuentran contados trabajos específicos. No obstante, muchos son los investigadores que de una u otra manera han estudiado o mencionado las lomas en sus diferentes características, desde Feullée en 1710 hasta Dávila en 1980 (Péfaur et al., 1981). De las lomas del Perú, las del sur poseen escasa documentación bibliográfica. Esto es sumamente

importante por poseer estas lomas, y específicamente las de Arequipa, mayores áreas de extensión y mejor variedad florística y zoológica.

Así también, la flora del departamento de Arequipa ha sido estudiada por muchos investigadores, desde Vargas en 1940 quien determina las principales formaciones fitogeográficas del departamento, hasta Villegas en 1985 quien determina la estructura de la vegetación de los Cerros “Callapa”, “Quisco” y “Canchanuani” (Jiménez et al., 1987-1988). En el departamento de Arequipa se encuentran 6 lomas, siendo las de Atiquipa las de mayor extensión y junto con las de Yuta las de mayor diversidad y composición florística y faunística (Péfaur et al., 1981). Además, las lomas de Atiquipa, por su extensión y vigor, son consideradas las mejores exponentes de su género en la costa peruana (Arias y Torres, 1989-1990).

El presente estudio tiene como objetivo principal aportar al conocimiento de la flora de esta importante loma a través de la distribución altitudinal de las especies más frecuentes.

Materiales y Métodos

1. Ubicación

Las Lomas de Atiquipa están ubicadas alrededor de los 15°47' Lat. Sur y los 74°20' Long. Oeste. Políticamente, la zona de estudio se halla dentro de la jurisdicción de la comunidad de Atiquipa, provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa (Fig. 1).

2. Características de la Zona de Estudio.

a) Área

Las Lomas de Atiquipa presentan una extensión total de 28,000 has., constituida básicamente por quebradas orientadas hacia el Oeste.

b) Clima

Las Lomas de Atiquipa se sitúan dentro de una zona muy árida, con precipitaciones por debajo de los 50 mm., una temperatura media anual de 18°C alcanzando valores de 28°C en verano y 12°C en invierno. La humedad relativa está por encima del 75% y según el sistema de clasificación climática de Thornwhaite, el área de estudio corresponde al tipo climático semiárido y muy seco (según SENAMHI).

c) Suelos

Las Lomas se levantan sobre suelos muy permeables, de ligera a moderada profundidad y de una fertilidad natural muy baja (ONERN, 1989). Clasificados según su Capacidad de Uso Mayor, el 76.6% son tierras de protección y tan sólo el 13% son aptas para el cultivo en limpio. El 10.4% restante sirve para pastos.

d) Ecología

De acuerdo al Mapa Ecológico (1976) de la ONERN, el área de las Lomas de Atiquipa se halla comprendida dentro de 3 zonas de vida. Su parte baja, casi al nivel del mar, muy árida, corresponde a la zona Desierto superárido-Templado cálido (ds-Tc); la parte media, al Desierto perárido-Templado cálido (dp-Tc); y la zona alta ligeramente húmeda, por la mayor presencia de neblinas, a la zona de vida Matorral desértico-Templado cálido (md-Tc).

3. Metodología

Se realizaron viajes de recolección de las especies botánicas, registrando las altitudes, así como la especie o especies dominantes en cada piso altitudinal. Los viajes de recolección se realizaron durante 1988 en los meses de enero, abril, agosto y octubre, a fin de tener una mayor información acerca de los cambios de vegetación entre las épocas seca y húmeda.

Las plantas fueron recolectadas entre los 100 y 1000 msnm., en dos recorridos principales: uno por Los Sauces, El Castillo, Chococo, Quebrada Infiernillo, Floripondio, Ñaguín, Tramoya, Huayahuari y Quebrada al pueblo; y otro por el Reservorio nuevo, La Parra, Pampañejo, Avalos, Tunilla y Quebrada Tunilla (Fig. 2).

El material botánico fue posteriormente determinado en el Herbario Weberbauer del Departamento Académico de Biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (MOL) ilustrándose las especies más frecuentes.

Se levantó un perfil del recorrido mayor, estableciéndose la distribución altitudinal de la vegetación con las especies más frecuentes.

Resultados y Discusión

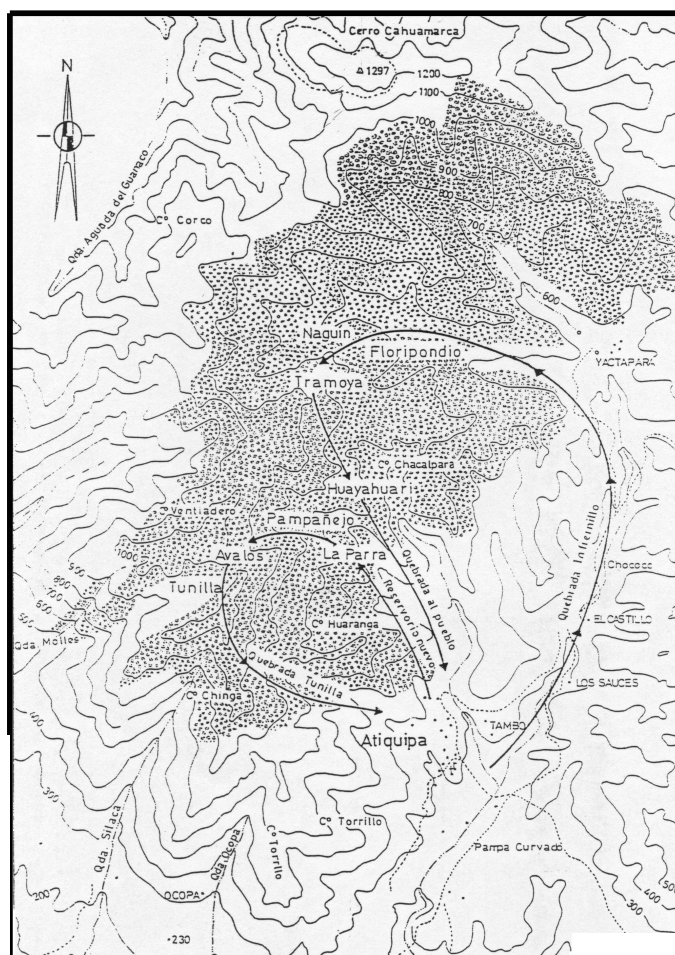
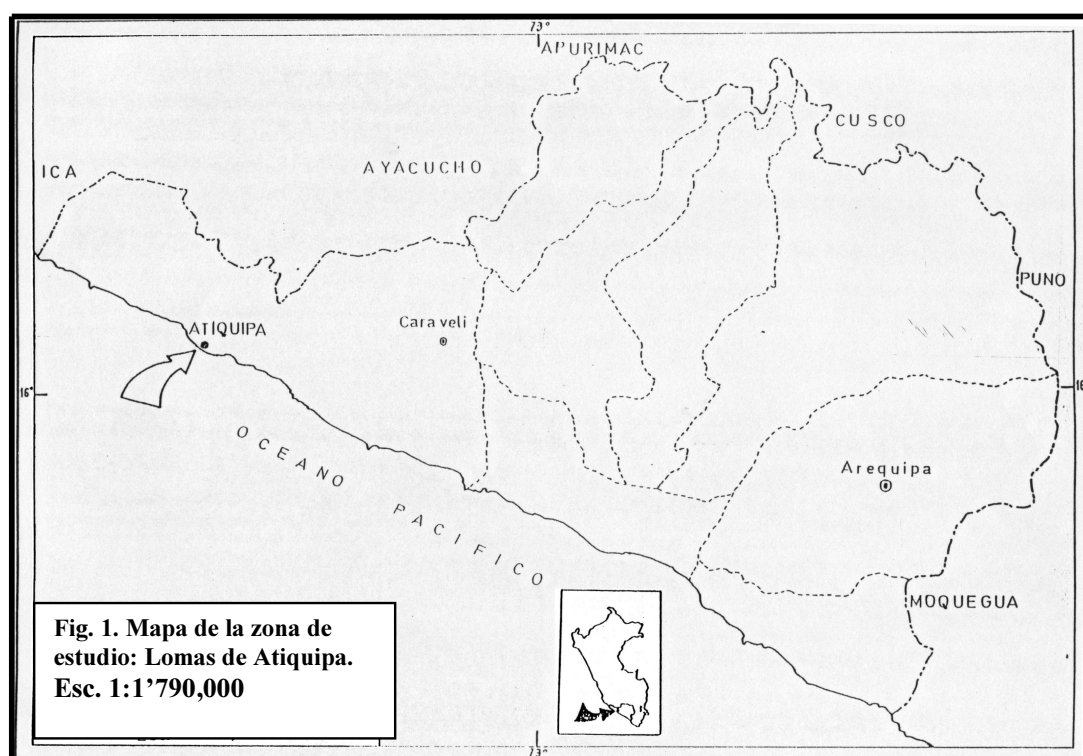
Composición Florística

Los resultados de la composición florística nos da una muestra de la gran diversidad biológica de esta loma, ya que se registraron alrededor de 110 especies de angiospermas pertenecientes a 50 familias: 45 de dicotiledóneas y 5 de

monocotiledóneas. Las familias mejor representadas fueron: Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Solanaceae y Verbenaceae (Cuadro 1). Si comparamos estos datos cuantitativos de la composición florística con las de otras lomas como las de la Costa Central o las del Cerro Campana, la loma más importantes de la Costa Norte, encontraremos que las de Atiquipa son más diversas que las del centro y comparables a las del norte. Se reporta un total de 91 especies para las Lomas del Centro y 168 especies de angiospermas agrupadas en 54 familias: 46 de dicotiledóneas y 8 de monocotiledóneas, para las Lomas del Cerro Campana (Torres, 1981; Sagástegui et al., 1988).

Distribución Altitudinal

En la parte más baja de la loma, hasta las 200 msnm, puede encontrarse principalmente plantas herbáceas, algunas de las cuales llegan a ser perennes y sub-arbustivas leñosas. Destacan entre ellas *Grindelia glutinosa* “chanyaico”, *Phyla nodiflora* y *Nicotiana knightiana* “tabaquillo”. Entre los 200 y 300 msnm. se encuentran algunas herbáceas como *Nolana spathulata* “borragia”; un mayor número de especies arbustivas como *Heliotropium arborescens* “guayabillo”, el cual domina notoriamente en este piso, *Croton ruizianus* “jara-jara hembra” y *Cestrum auriculatum* “tungio hembra”; apareciendo también algunas especies arbóreas como *Schinus molle* “molle” y *Caesalpinea spinosa* “tara”. A 300 msnm. es importante destacar la presencia de cactáceas columnares como *Armatocereus sp.* “cardo”. De aquí a los 400 msnm. el panorama es dominado por 2 especies antes mencionadas, *G. glutinosa* y *P. nodiflora*, encontrándose también el arbusto *Senecio cf. clivicolus*. La especie arbórea *C. spinosa* domina claramente alrededor de los 400 msnm, sobre el cual viven epífitas como *Tillandsia sp.* Cerca de los 500 msnm. se encuentran especies herbáceas como *Lobelia decurrens* y llegando a los 600 msnm. la especie arbustiva *H. arborescens* aparece nuevamente, aunque no de manera dominante. A este nivel, en el estrato herbáceo, también se encuentran especies como *Bromus catharticus*, *Cynodon dactylon* y *Paspalum sp.* Entre los 600 y 700 msnm se encuentra una mayor cantidad de especies arbustivas, siendo algunas leñosas y otras hasta espinosas. Especies como *G. glutinosa*, *Croton alnifolius* “jara-jara macho”, *C. ruizianus*, *C. auriculatum*, *Duranta armata* “chamo”, *Marrubium vulgare* “hierba ceniza” y *Proustia cuneifolia* “tantar” caracterizan este piso, destacando notoriamente *Brugmansia x candida* “floripondio”, dando nombre al lugar donde se encuentra. Otras especies características a estas altitudes son *Cestrum lanuginosum* “tungio macho”, *Carica candicans* “mito” y *Myrcianthes ferreyrae* “arrayán”, entre las arbustivas y arbóreas, así como *Eragrostis attenuata* y *Koeleria trachyantha*, entre las herbáceas. A partir de los 700 msnm es posible encontrar nuevamente especies como *N. knightiana*, *M. vulgare* o *P. nodiflora* un poco más arriba junto con *Randia boliviana* “chamo cruz”, arbusto espinoso. A estas altitudes mayores el estrato arbóreo es dominado por *C. spinosa*, desde los 800 hasta los 1000 msnm., aproximadamente, y bajo la copa de los árboles especies como *Eragrostis cf. virescens*, *Stipa mucronata* y *Stipa neesiana*.



Cuadro 1
Especies de plantas de las familias mejor representadas de las Lomas de Atiquipa (Arequipa)

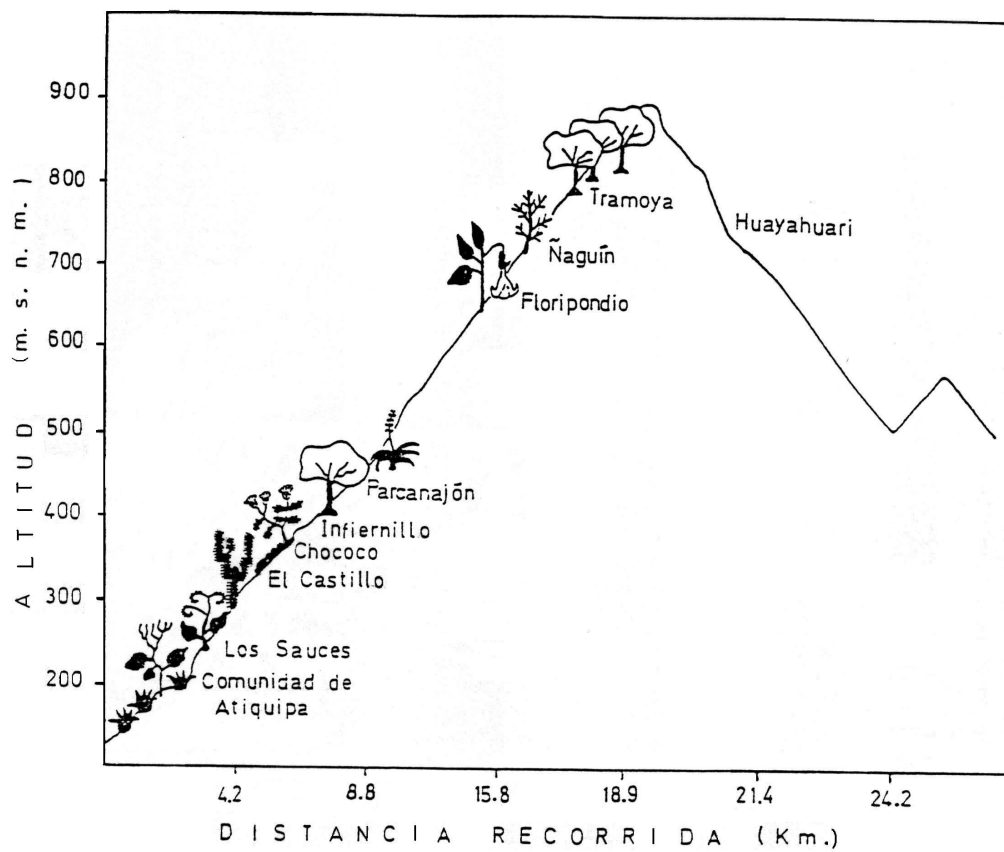
Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Asteraceae	<i>Ageratina sternbergiana</i> (DC) K&R.	
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.)	
	<i>Cotula australis</i> (Sieb.) Hook	
	<i>Encelia canescens</i> Cav.	“mataloba”
	<i>Flaveria bidentis</i> (L.) O. Kuntze	
	<i>Galnisa cf. pParviflora</i> Cav.	
	<i>Gamochaeta spicata</i> (Lam.) Cabr.	“lengua de perro”
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	
	<i>Grindelia glutinosa</i> (Cav.) Dunal	“chanyaico”
	<i>Onoseris odorata</i> (D.Don) H. et A.	
	<i>Philoglossa peruviana</i> DC	
	<i>Picrosia cf. longifolia</i> Don	
	<i>Piqueria pinifolia</i> (Phil.) Hieron	
	<i>Proustia cunefolia</i> D. Don	“tantar”
	<i>Senecio af. cliviculus</i> Wedd.	
	<i>Senecio smithianus</i> Cabr.	
	<i>Trixis paradoxa</i> Cass.	
Boraginaceae	<i>Villanova oppositifolia</i> Lag.	
	<i>Xanthium spinosum</i> L.	“talón de perro”
	<i>Cryptantha parviflora</i> (Ph.) Reiche	
	<i>Heliotropium arborescens</i> L.	“guayabillo”
	<i>Heliotropium lanceolatum</i> R. et P.	
Fabaceae	<i>Pectocarya lateriflora</i> DC	
	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	“tara”
	<i>Hoffmanseggia ternata</i> Phil.	
	<i>Mimosa albida</i> H. & B.	“tapatipute”
	<i>Otholobium pubescens</i> (Poir.) Grimes	“culen”
Malvaceae	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.	
	<i>Abutilon molle</i> Sweet.	
	<i>Gaya</i> sp.	
	<i>Palaua tomentosa</i> Hochr.	
	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (L.) Krapov.	
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl.	
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	
	<i>Digitaria swalleniana</i> Henravel	
	<i>Eragrostis attenuata</i> Hitchc.	
	<i>Eragrostis cf. virescens</i> C.B. Presl.	
	<i>Koeleria trachyantha</i> Philippi	
	<i>Paspalum</i> sp.	
	<i>Poa annua</i> L.	“pasto dulce”
	<i>Polypogon interruptus</i> H.B.K.	
	<i>Stipa mucronata</i> H.B.K.	
Solanaceae	<i>Stipa neesiana</i> Trin. et Rupresht	
	<i>Brugmansia x candida</i> (Pers.) Safford	“floripondio”
	<i>Cestrum auriculatum</i> L’Herit	“tungio hembra”
	<i>Cestrum lanuginosum</i> R. et P.	“tungio macho”
	<i>Lycopersicon peruvianum</i> (L.) Mill.	
	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Caern.	“capulí cimarrón”
	<i>Nicotiana knightiana</i> Goodspeed	“tabaquillo”
	<i>Solanum americanum</i> Mill.	
Verbenaceae	<i>Solanum corymbosum</i> Jacq.	
	<i>Solanum phyllanthum</i> (Cav.) Dunal	
	<i>Citarexylum flexuosum</i> (R. et P.) D. Don	
	<i>Duranta armata</i> Mold.	“chamo”
	<i>Lantana</i> sp.	
	<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	

En resumen, se puede decir que, a pesar de que muchas especies se pueden encontrar en casi toda la loma, algunas predominan notoriamente a cierta altitud. Así tenemos que, *G. glutinosa* se puede encontrar desde los 190 hasta los 700 msnm, predominando a los 380, o *P. nodiflora* puede encontrarse desde los 190 hasta los 820 msnm, predominando a los 372. Otras especies que se pueden encontrar en forma dominante a determinadas altitudes son: *H. arborescens*, *C. spinosa* y *B.x candida*, a 250, 410 y 650 msnm, repectivamente. En la Fig. 3 se muestra la distribución de las especies más frecuentes de la loma con respecto a la altura. El perfil mostrado corresponde al mayor de los recorridos realizados. De acuerdo al análisis anterior se puede afirmar que, las especies herbáceas y sub-arbustivas se distribuyen desde los 200 hasta los 600 msnm principalmente, mientras que las especies arbustivas y arbóreas desde los 600 hasta los 1000 msnm, aproximadamente.

Un par de aspectos importantes de resaltar en el presente estudio son: por un lado el haber encontrado entre las especies, algunas que han sido consideradas por R. Ferreira (1978), en peligro de extinción. Especies como *Jacquemontia unilateralis*, *Myrcianthes ferreyrae*, *Nolana pallida*, *N. spathulata*, *Senecio smithianus* o *Tetragonia vestita* (colectada en Quebrada Agua Salada, a unos 10 Km. al norte de Atiquipa) forman parte de la larga lista considerada por el autor. Las Lomas de Atiquipa, desde este punto de vista, representa una de las posibles fuentes para recuperar estas especies. No olvidemos además que, la formación de Lomas contiene un gran número de especies endémicas.

Por otro lado, si bien es cierto que en estas lomas hay algunas especies que son muy utilizadas ya sea como forraje, alimento o madera, hay otras que quizás podrían estudiarse más a fondo y convertirse en un recurso importante y en una alternativa más para el mejor uso de estos hábitats. Por ejemplo, especies como *Grindelia glutinosa*, hierba perenne y hasta arbustiva, bien adaptada a estas zonas, es muy resinosa y podría ser un nuevo cultivo a explotarse como fuente de resinas. Otras especies de *Grindelia* han sido reportadas como fuente de resinas compuestas por ácidos diterpénicos tipo labdano incluyendo ácido grindélico y numerosos derivados. Estos diterpenos bicíclicos tienen similares propiedades a los de la resina del pino muy usada en la industria naval. Timmermann y Hoffman (1985) reportaron hasta 23 especies diferentes de *Grindelia* con sus porcentajes de ácido grindélico recomendando a una de ellas como un nuevo cultivo para zonas áridas.

Fig. 3. Distribución altitudinal de la vegetación y especies más frecuentes en el perfil del recorrido. Lomas de Atiquipa (Arequipa).



- | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------|
|  | Hierbas |  | Phyla nodiflora |
|  | Nicotiana knightiana |  | Caesalpinia spinosa |
|  | Heliotropium arborescens |  | Tillandsia |
|  | Armatocereus |  | Arbustos espinosos |
|  | Grindelia glutinosa |  | Brugmansia x candida |

Breve descripción de las especies más frecuentes

De 200 a 600 msnm.

- *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. “tara”. Árbol o arbusto con espinas esparcidas, de hojas alternas, grandes, compuestas, bipinnadas y foliolos elípticos. De flores reunidas en racimos, de prefloración imbricada ascendente, cáliz tubular con un gran segmento aserrado y la corola amarillo-rojizo. Sus frutos son vainas indehiscentes rojizas, que contienen entre 30 y 50% de taninos; razón por la cual son colectados y vendidos en grandes cantidades, representando un gran ingreso económico para la comunidad (Fig. 4).
- *Cestrum auriculatum* L’Herit. “tungio hembra”. Arbusto Delgado, ramificado y glabro, de 1 a varios metros de alto. De hojas alternas, simples, oblongas, con peciolos largos, bi-auriculadas. Sus flores agrupadas en panículas corimbosas terminales y axilares, tiene cáliz ciatiforme con dientes pequeños y corola filiforme amarillo-verdosa con contornos negruzcos. Sus frutos son bayas de color negro (Fig. 5).
- *Croton alnifolius* Lam. “jara-jara macho”. Arbusto alto de hasta 3 m de alto, de hojas alternas, oblongo-elípticas, membranosas, pubescentes, con peciolos largos. Sus flores pequeñas, unisexuales, que se encuentran reunidas en largos racimos, tienen corola crema. Las flores femeninas son escasas, mientras que las masculinas son más numerosas. Sus frutos son cápsulas globosas (Fig. 6).
- *Grindelia glutinosa* (Cav.) Dunal. “chanyaico”. Planta herbácea y sub-arbustiva, erguida, perenne, muy viscosa, de 0.4 a 1 m de alto. con hojas simples, subopuestas, irregularmente dentadas, glabras y resinosas. Las flores se reúnen en grandes capítulos terminales y solitarios, con brácteas lanceoladas-lineales. Las flores dimorfas, las del margen amarillas, femeninas y las del disco tubulosas, amarillo-parduzcas. Los frutos son achenios, pequeños y globosos (Fig. 7).
- *Heliotropium arborescens* L. “guayabillo”. Sub-arbusto densamente pubescente, de 1 a 1.5 m de alto. con hojas alternas o sub-opuestas, enteras, aovadas o elípticas, con el haz verde oscuro y rugoso y el envés grisáceo. Presenta flores pequeñas reunidas en densas cimas escorpioideas terminales. El cáliz es lobulado y la corola más o menos hipocrateriforme, violeta, blanca o rosada. El fruto está compuesto por cinco nucelas (Fig. 8).

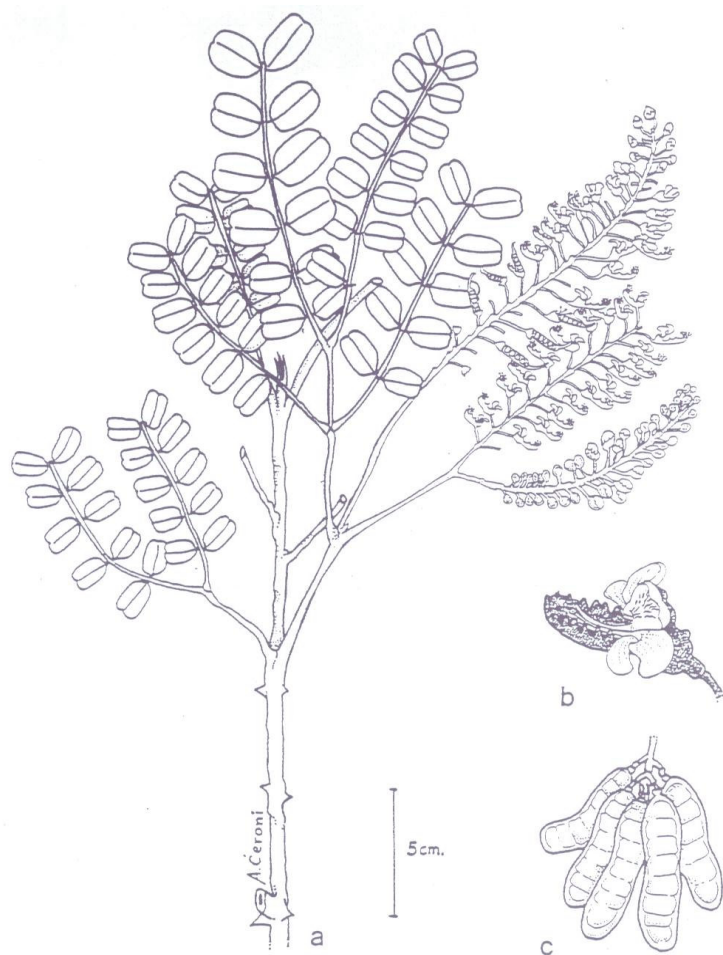


Fig. 4. *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. “tara”. a. Rama con hojas y flores; b. Flor; c. Frutos

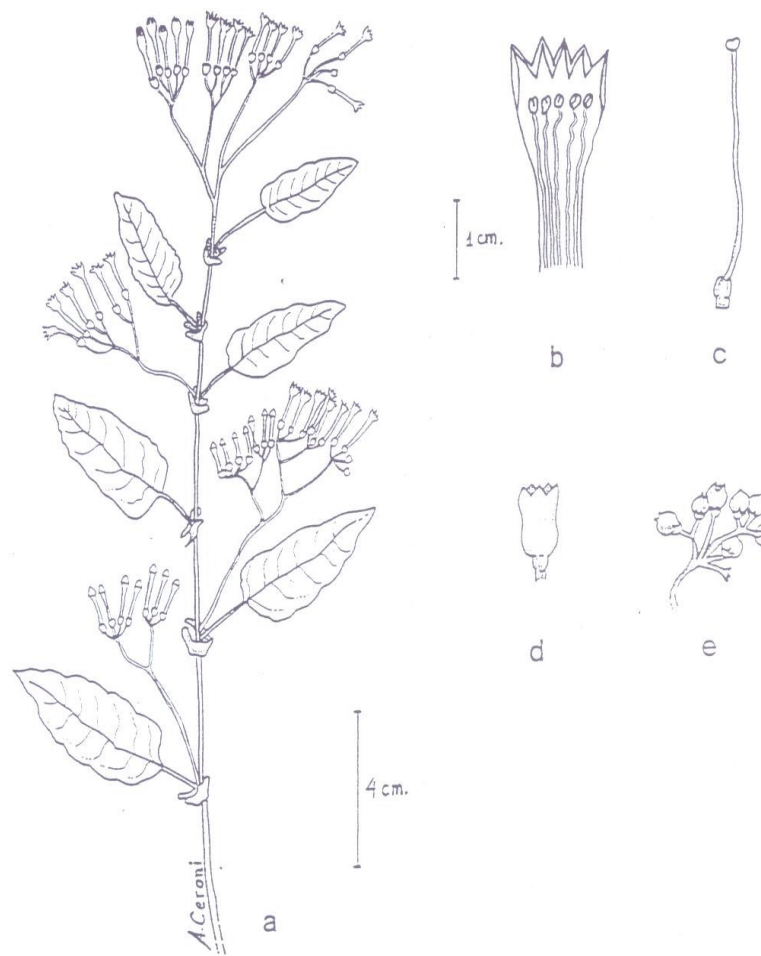


Fig. 5. *Cestrum auriculatum* L' Herit. “tungio hembra”. a. Rama con hojas y flores; b. Corola con estambres; c. Pistilo; d. Cáliz; e. Frutos

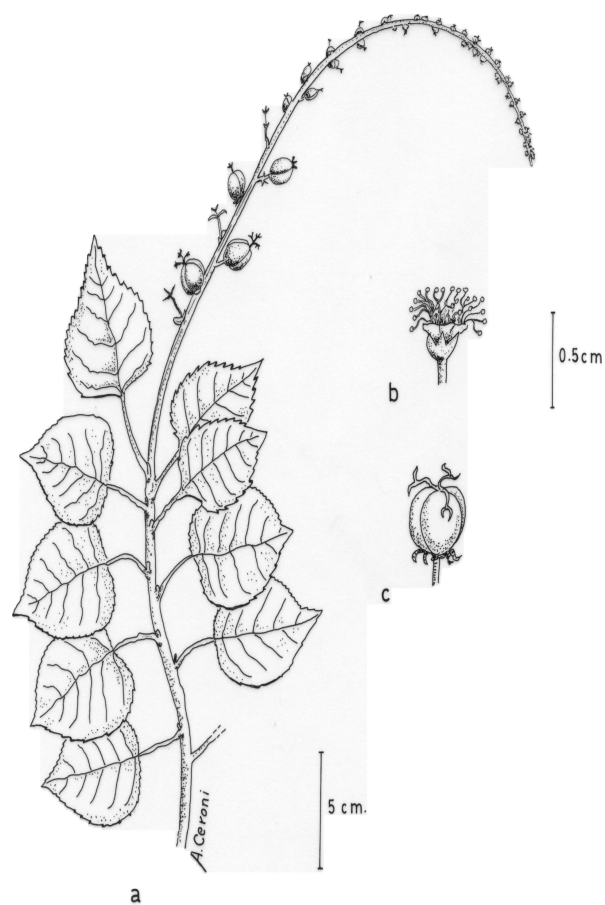


Fig. 6. *Croton alnifolius* Lam.
“jara-jara macho”. a. Rama con
hojas y frutos; b. Flor masculina;
c. Fruto



Fig. 7. *Grindelia glutinosa* (Cav.)
Dunal. “chanyaico”. Rama con hojas e
inflorescencias

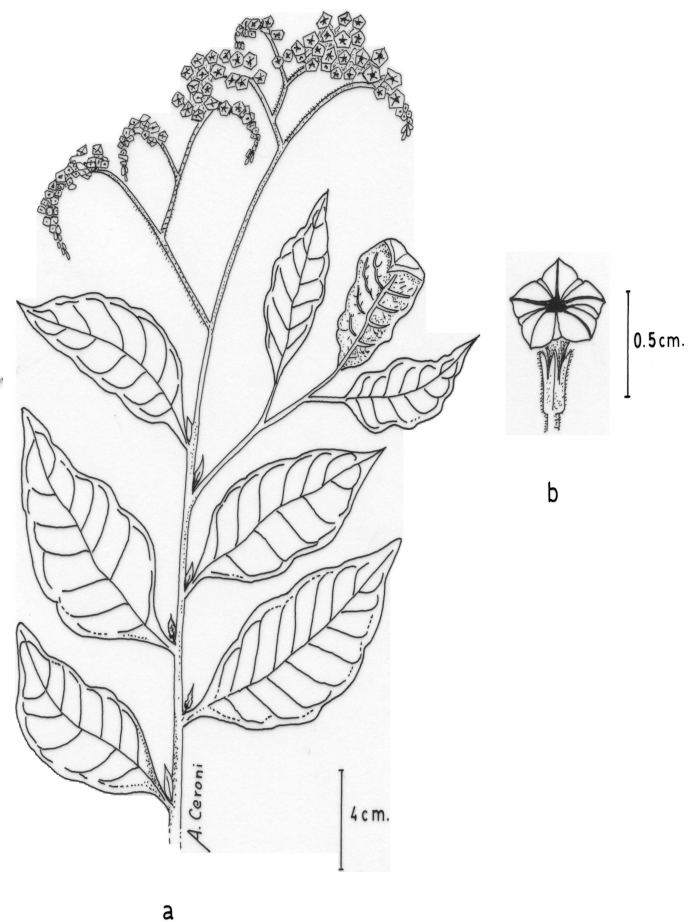


Fig. 8. *Heliotropium arborescens* L.
“guayabillo”. a. Rama con hojas y
flores; b. Flor

- *Lobelia decurrens* Cav. Hierba común, erecta, simple, de 0.8 a 1.2 m de alto, glabra. Con hojas oblongas, acutadas, de margen doblemente dentado, angostas en la base y ampliamente decurrentes sobre el tallo. Sus flores reunidas en racimos frondosos, tienen hipantio hemisférico, lobulado, pubescente y corola rosada bilabiada. El tubo de la antera es glabro y las anteras barbadas en la punta (Fig. 9).
- *Marrubium vulgare* L. “hierba ceniza”. Hierba perenne, muy ramificada, blanco-tomentosa, de 0.4 a 0.5 m de alto. tiene hojas opuestas, ovaladas, crenadas y pecioladas. Sus flores pequeñas, reunidas en glomérulos axilares, tienen el cáliz tubuloso más o menos regular y la corola blanco-rosada bilabiada con el labio superior recto y el inferior trilobulado. Los estambres son didínamos. El fruto está compuesto por cuatro nucelas lisas (Fig. 10).
- *Mimosa albida* H.& B. “tapatipute”. Arbustillo de ramas alargadas, más o menos armadas con aguijones recurvados y esparcidos. Con hojas alternas, bipinnadas y foliolos internos algo reducidos. Sus flores pequeñas, sésiles, reunidas en cabezuelas, tienen cáliz diminuto y pétalos rosados, valvados, más o menos connados. Estambres numerosos largamente exsertos. Sus frutos son vainas oblongo-linear aplanadas (Fig. 11).
- *Nicotiana knightiana* Goodspeed. “tabaquillo”. Planta sub-leñosa que tiende a ser perenne. Con hojas alternas, enteras, simples y pubescentes. Presenta flores reunidas en panículas terminales y densas, más largas que anchas, con el cáliz cilíndrico, angosto, dentado y la corola pálida amarillo-verdosa a cénica. Sus frutos son cápsulas ampliamente ovoides (Fig. 12).
- *Nolana spathulata* R.& P. “borragia”. Hierba anual, erguida, ramosa, hirsuta de 0.1 a 0.6 m de alto. con hojas espatuladas, hirsuto-glandulosas, de ápice obtuso. Sus flores solitarias tienen cáliz lobulado y corola azulada. Frutos en cinco nucelas diferentes, negruzcas y reniformes (Fig. 13).
- *Olea europaea* L. “olivo”. Árbol de hojas persistentes y tronco retorcido. Tiene las hojas opuestas, coriáceas, lanceoladas, con el haz verde oscuro y el envés blanquecino. Sus flores reunidas en panojas axilares, tienen cáliz lobulado, corola blanca y dos estambres. Sus frutos son drupas. Es cultivado en la comunidad y representa otro de los principales ingresos económicos para Atiquipa. Se venden sus frutos y el aceite que se obtiene de ellos (Fig. 14).



Fig. 9. *Lobelia decurrens* Cav. a. Rama con hojas y flores; b. Flor

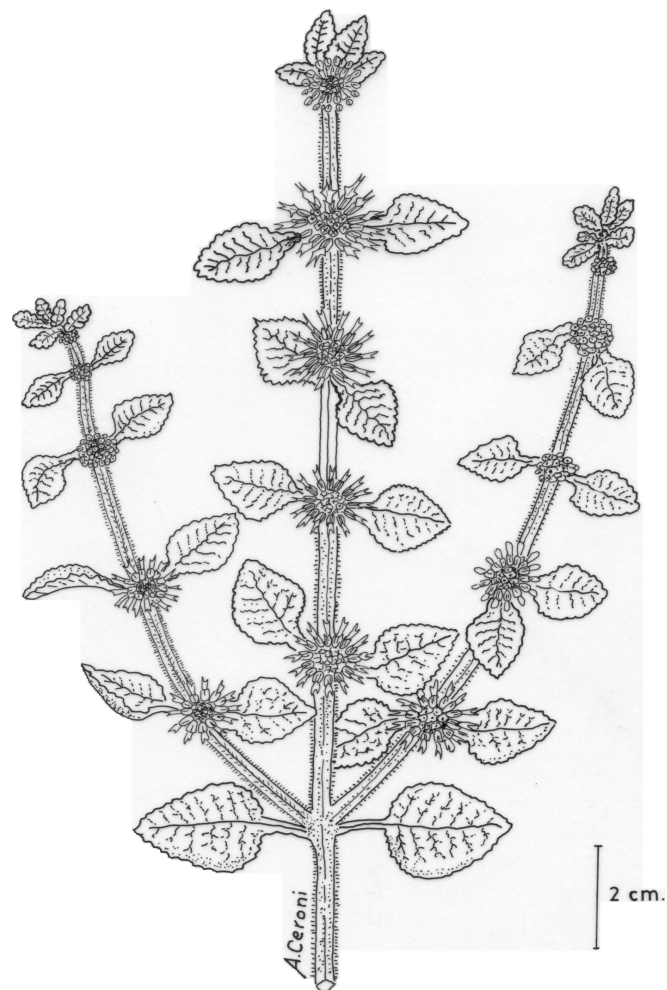


Fig. 10. *Marrubium vulgare* L. “hierba ceniza”. Rama con hojas y flores.



Fig. 11. *Mimosa albida* H&B. “tapatipute”. Rama con hojas y flores

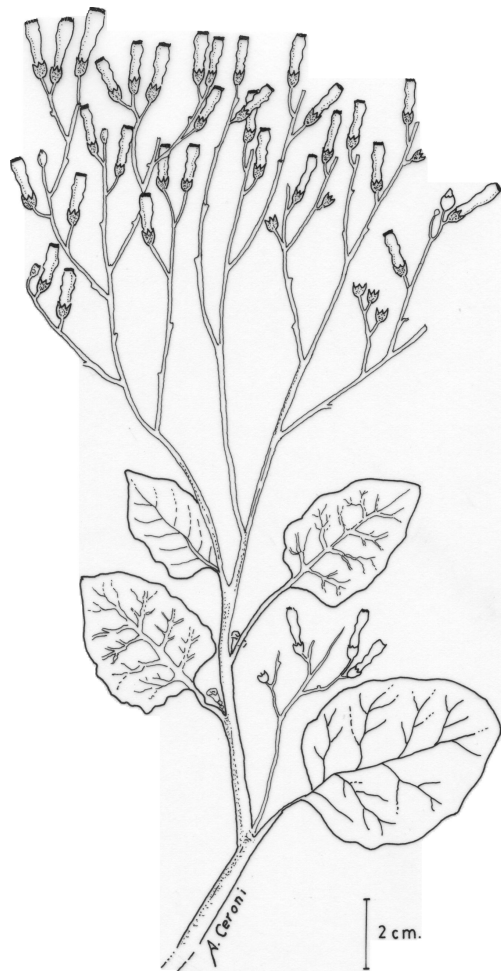


Fig. 12. *Nicotiana knightiana* Goodspeed. “tabaquillo”. Rama con hojas y flores.



Fig. 13. *Nolana spathulata* R. et P. “borragia”. Planta con flores

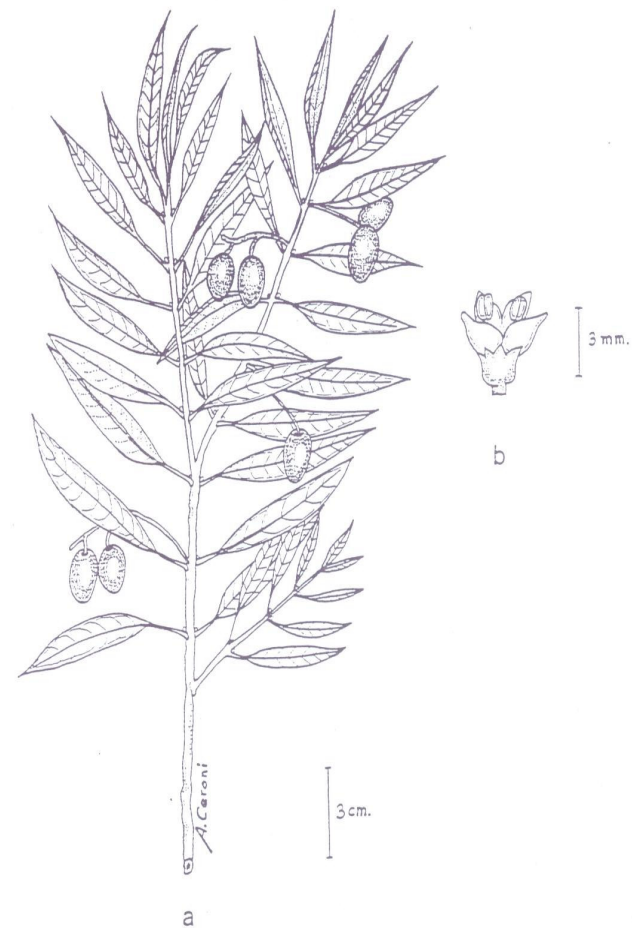


Fig.14. *Olea europea* L. “olivo”. a. Rama con hojas y frutos; b. Flor

- *Phyla nodiflora* (L.) Greene. Hierba perenne, sufruticosa, rastrera y muy ramificada. De hojas opuestas, elípticas y de borde entero hasta aserrado menos en la base. Sus flores que son pequeñas, sésiles y reunidas en espigas axilares capituliformes, se encuentran en la axila de las pequeñas brácteas, cuneado-ovales o flabeliformes, de la inflorescencia (Fig. 15).
- *Senecio af. clivicolus* Wedd. Arbusto pequeño de 1 m de alto. con hojas alternas, subcoriáceas, lanceoladas, irregularmente aserradas y acuminadas. Presenta flores en cabezuelas, terminales, vistosas, en cimas corimbosas, de color amarillo. Las flores marginales son femeninas con papus abundante y lígula desarrollada y las centrales hermafroditas, numerosas. El fruto es un aquenio (Fig. 16).
- *Schinus molle* L. “molle”. Árbol de gran porte y follaje persistente. De hojas alternas, compuestas, imparipinnadas con foliolos lanceolados. Las flores, que son pequeñas y reunidas en amplias panojas colgantes, tienen cáliz lobulado y corola amarillo-cremosa. Los frutos tipo drupa son rojizos (Fig. 17).

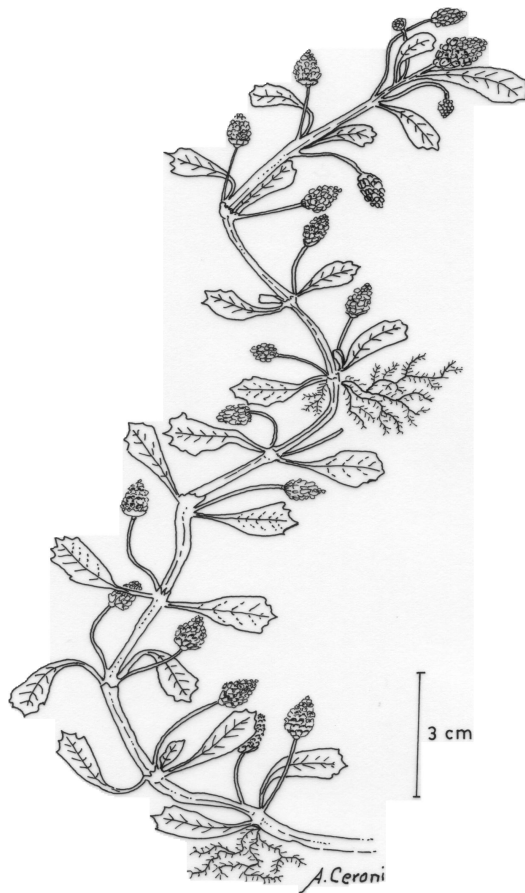


Fig. 15. *Phyla nodiflora* (L.) Greene. Rama con hojas e inflorescencias.

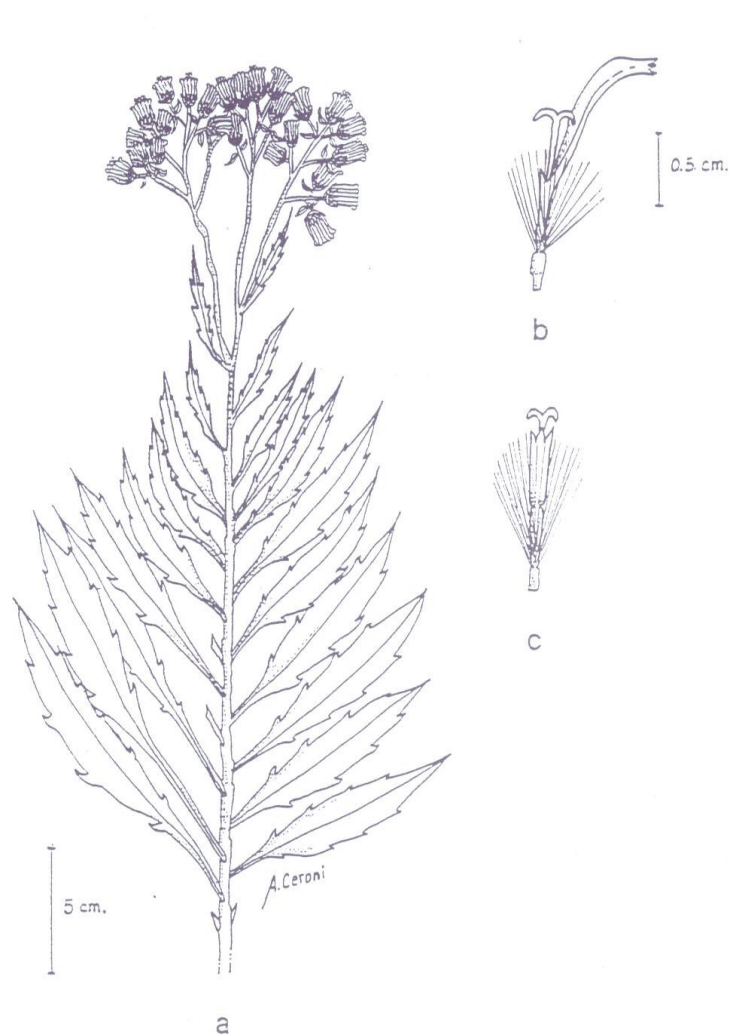


Fig. 16. *Senecio af. clivicolus* Wedd. a. Rama con hojas e inflorescencias; b. Flor ligulada; c. Flor tubular

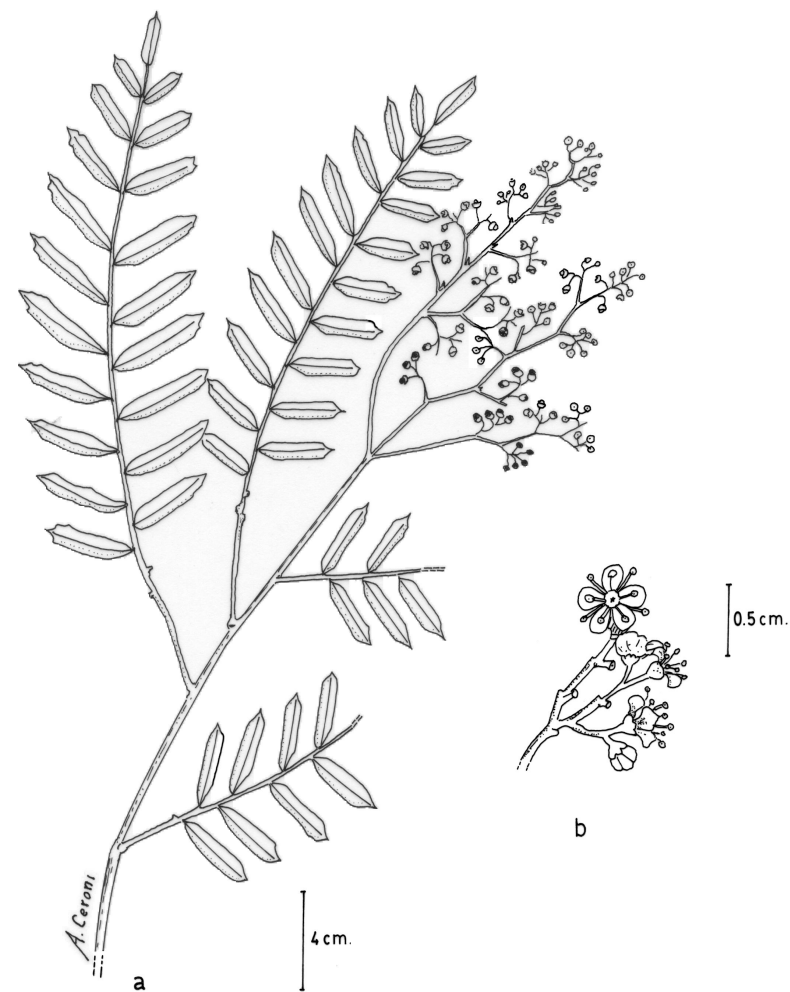


Fig. 17. *Schinus molle* L. "molle". a. Rama con hojas, flores y frutos; b. Flores

De 600 a 1000 msnm.

- *Brugmansia x candida* (Pers.) Safford. “floripondio”. Arbusto y árbol pequeño, fétido. Con hojas alternas de borde sinuado y suavemente pubescentes. Sus flores grandes y redondeadas, son solitarias y péndulas. Tienen el cáliz espatulado y la corola blanca, infundibuliforme. Sus frutos son cápsulas puntiagudas (Fig. 18).
- *Carica candicans* Gray. “mito”. Árbol bajo escasamente ramificado, de 3 m de alto. Con hojas ampliamente ovadas, enteras, subcordadas, palmadamente nervadas, verde arriba y blanco-tomentoso-belludo abajo. Flores masculinas reunidas con el cáliz lobado y la corola tubular blanco-verduzcas. Las femeninas solitarias con el cáliz dentado y la corola angostamente lanceolada. Los frutos son bayas (Fig. 19).
- *Duranta armata* Mold. “chamo”. Arbusto espinoso, con espinas delgadas y alternas. Las hojas son fasciculadas, oblongo-lanceoladas, lustrosas arriba y de peciolo atrofiado. Las flores son escasas con el cáliz campanulado y la corola con el tubo ampliamente cilíndrico, de color violeta-purpúrea a blanquecina. Los frutos drupáceos tetragonales son rojos (Fig. 20).
- *Loasa urens* Jacq. Hierba anual, erguida de 0.1 a 0.8 m de alto, con pelos urticantes. Tiene hojas opuestas, pinnatífidas y pubescentes-setosas. Sus flores son muy vistosas, axilares o reunidas en cimas. Tienen receptáculo y cáliz pubescentes y corola amarilla de pétalos cóncavos pilosos-setosos afuera (Fig. 21).
- *Myrcianthes ferreyrae* (Mc Vaugh) Mc Vaugh. “arrayán”. Árbol o arbusto de más de 7 m de alto con ramas derechas blanco-apresadas o pelos marrones. Sus hojas son ampliamente elípticas o aovadas, redondeadas en la base o emarginadas en la punta, coriáceas, verde-grisáceo arriba y marrón-rojizo oscuro abajo. Las flores reunidas en dicasios simples de tres flores, tienen cáliz lobulado y corola con pétalos elípticos (Fig. 22).
- *Proustia cuneifolia* D. Don. “tantar”. Arbusto muy espinoso con tallos algo tortuosos, de 1.5 m de alto aprox. Las espinas florales son pubescentes-blancas. Con hojas simples, cuneiformes, más o menos coriáceas y brillantes. Sus flores, sobre las espinas, están reunidas en capítulos sésiles y solitarios, con involucro acampanulado y estrellado. Las flores hermafroditas tienen papus abundante y corola filiforme membranácea. El fruto es un aquenio (Fig. 23).

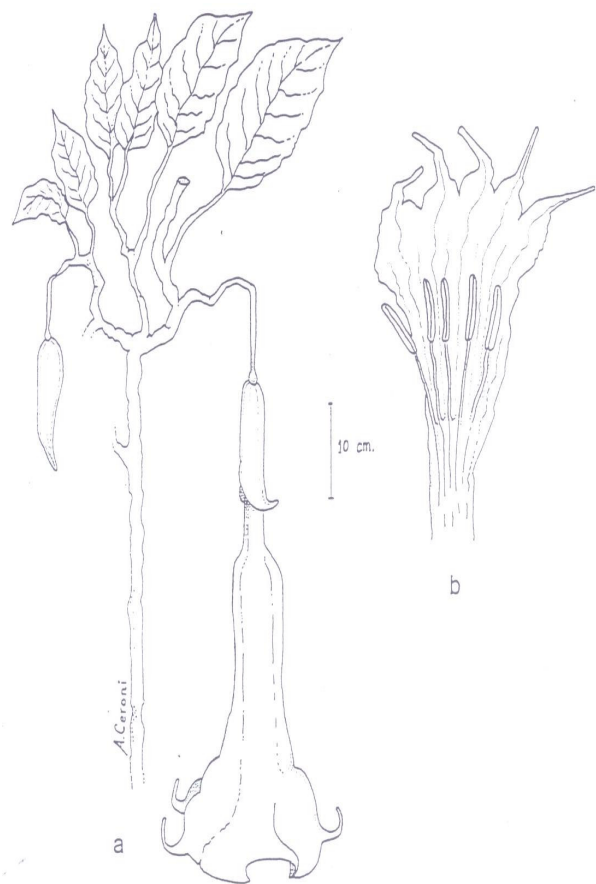


Fig. 18. *Brugmansia x candida* (Pers.) Safford. "floripondio". a. Ramas con hojas y flor; b. Corola con estambres

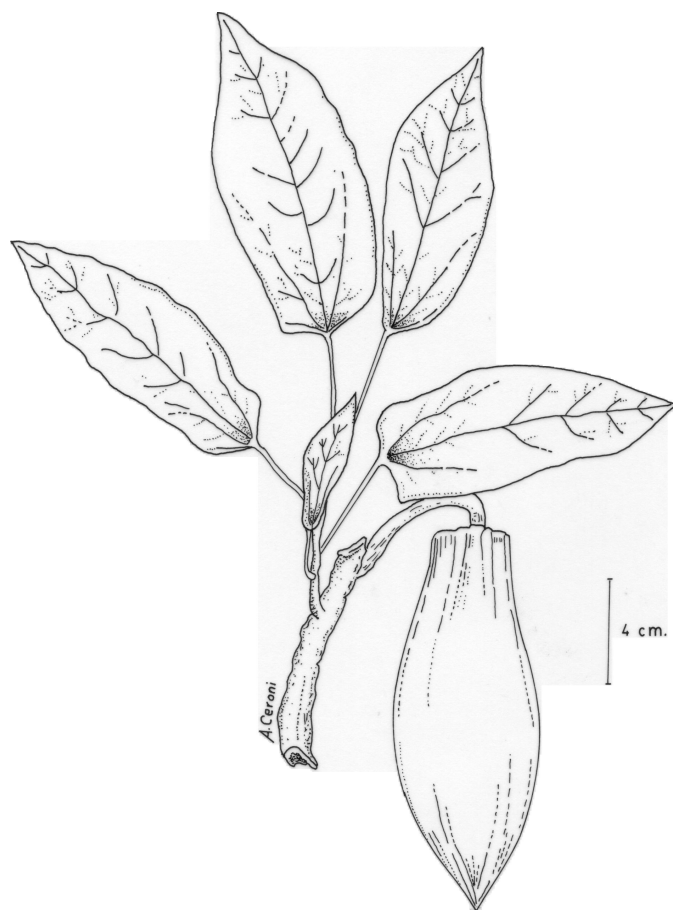


Fig. 19. *Carica candicans* Gray. "mito". Rama con hojas y frutos

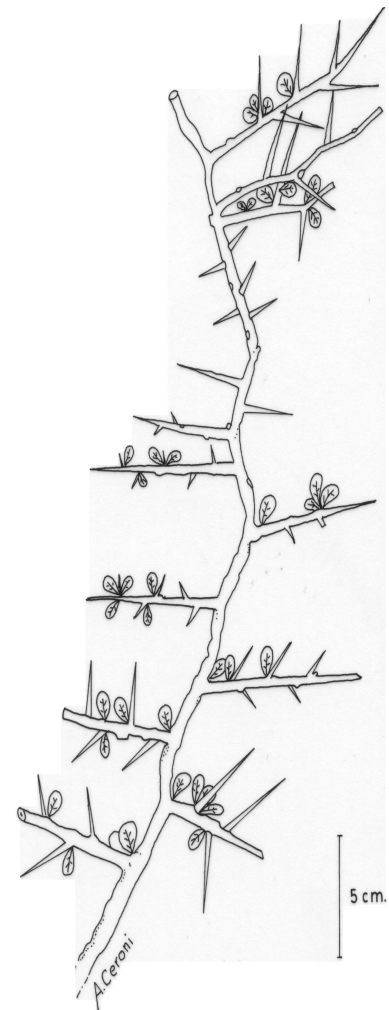


Fig. 20. *Duranta armata* Mold. "chamo". Rama con hojas y espinas.

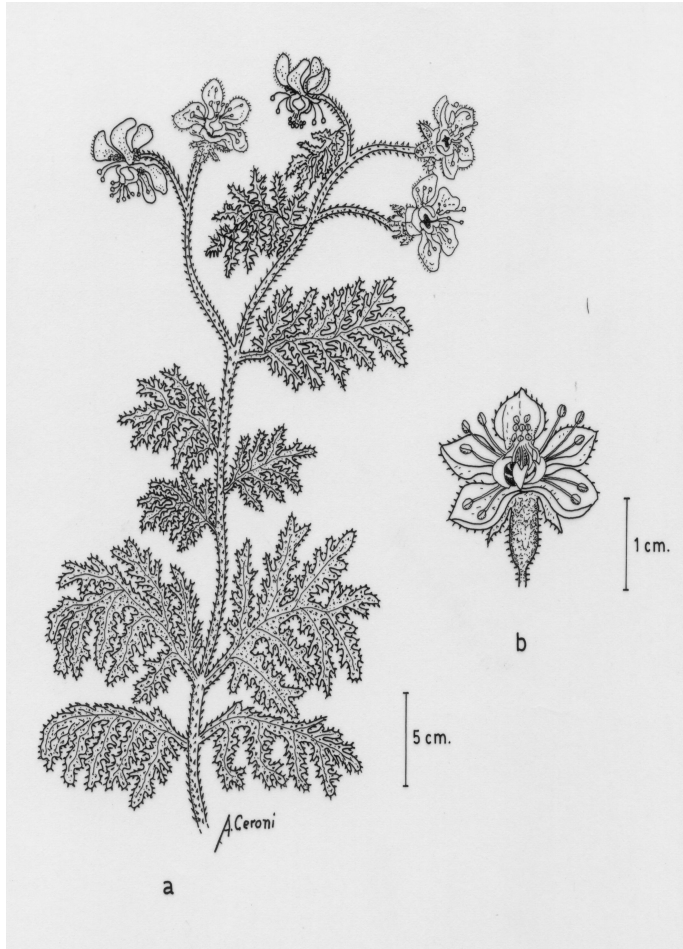


Fig. 21. *Loasa urens* Jacq. a. Rama con hojas y flores; b. Flor.



Fig. 22. *Myrcianthes ferreyrae* (Mc Vaugh). "arrayán". Rama con hojas y flores



Fig. 23. *Proustia cuneifolia* D. Don "tantar". Rama con hojas, espinas y flores

Conclusiones

1. Las Lomas de Atiquipa, como las más representativas del sur, tienen una diversidad específica mayor que las del centro y comparable a las del Cerro Campana, de la costa norte.
2. Las especies herbáceas y sub-arbustivas como *Nicotiana knightiana*, *Grindelia glutinosa*, *Phyla nodiflora* y *Heliotropium arborescens* se distribuyen principalmente desde los 200 hasta los 600 msnm, mientras que las especies arbustivas y arbóreas tales como *Duranta armata*, *Carica candicans*, *Brugmansia x candida*, *Myrcianthes ferreyrae* y *Caesalpinia spinosa*, se distribuyen desde los 600 hasta los 1000 msnm, aproximadamente.
3. Algunas especies como *G. glutinosa*, *P. nodiflora*, *H. arborescens*, *C. spinosa* y *B.x candida*, fueron claramente dominantes a determinadas altitudes.
4. Las especies arbóreas *C. spinosa* y *M. ferreyrae* se encuentran formando bosques de Tara y Arrayán, respectivamente.
5. Las Lomas de Atiquipa representan una importante fuente de especies endémicas de estas formaciones, que están en peligro de extinción y que por lo tanto necesitarían ser recuperadas, así como fuente de especies que pueden convertirse en nuevos cultivos para las zonas áridas.

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento al CONCYTEC por el financiamiento del Proyecto: “Aprovechamiento de las nieblas costeras de las zonas áridas de la costa peruana. Lomas de Atiquipa (Arequipa)”, dentro del cual se realizó el presente estudio; y a la Dra. Graciela Vilcapoma por su apoyo en la determinación de especies y sugerencias para mejorar el texto. Asimismo, a la Dra. Magda Chango, al Biól. Carlos Arias y al Bach. Arturo Granda por su ayuda en la revisión de especies de las familias Malvaceae, Poaceae y Asteraceae, respectivamente.

Referencias Bibliográficas

1. **Arias, A. C. Y Torres, G. J.** 1989-1990. Dinámica de la vegetación de las lomas del sur del Perú: estacionalidad y productividad primaria. Caso: Lomas de Atiquipa (Arequipa). Zonas Áridas. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas. Lima No. 6. pp.55-76.
2. **Ferreryra, R.** 1953. Comunidades vegetales de algunas lomas costaneras de Perú. Boletín de la Estación Experimental La Molina. No. 53. Lima. 88 p.

3. -----, 1961. Las lomas costaneras del extremo sur del Perú. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Argentina. Vol.IX, pp. 85-120.
4. -----, 1978. Endangered species and plant communities in Andean and Coastal Perú. Extinction is Fprever. The New York Botanical Garden. pp. 150-157.
5. **Index KEWENSIS**. 1985. Herbarium Kew. England.
6. **Jiménez, M. P.; Galiano, S. W. y Villasante, B. F.** 1987-1988. Flora estacional de los alrededores de Arequipa (lista preliminar). Zonas Áridas. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas. Lima. No. 5. pp. 19-29.
7. **Macbride, F.** 1943. Flora of Peru. Vol.XIII. Botanical Series. Field Museum of Natural History.
8. **Pefaur, V. J; López, T. E. y Dávila, F. J.** 1981. Ecología de la biocenosis de las Lomas de Arequipa. Boletín de Lima. No. 16-18. pp.120-128.
9. **Perú. Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN).** 1976. Mapa Ecológico del Perú; guía explicativa. ONERN. Lima.146 p.
10. **Perú. ONERN-CIZA-SENAMHI.** 1989. Inventario y evaluación de los recursos naturales. En aprovechamiento de nieblas costeras en las zonas áridas de la costa. Lomas de Atiquipa (Prov. Caravelí, Dpto. de Arequipa). CONCYTEC. Lima.
11. **Sagástegui, A; Mostacero, J y López, S.** 1988. Fitoecología del Cerro Campana (Prov. De Trujillo). Boletín de la Sociedad Botánica de la Libertad. Trujillo. Perú. Vol. XIV No 1 – 2 pp. 1 – 48.
12. **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).** 1989. Estudio microclimático. En aprovechamiento de las nieblas costaneras en las zonas áridas de la costa : Lomas de Atiquipa. CONCYTEC. Lima.
13. **Soukup J,** 1987. Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de los generos. Editorial Salesiana, 78 p.
14. **Timmerman, N, Barbara y Hoffman, J. Joseph.** 1985. The potential for the commercial utilization of resins from *Grindelia camporum*. Arid Lands, Today and Tomorrow, Tucson. Arizona USA. October 20—25. Pp. 1321 – 1339.
15. **Torres, G. J.** 1981. Productividad primaria y cuantificación de los factores ecológicos que la determinan, en las Lomas Costeras del Centro del Perú. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima 187 p.
16. **Torres, G. J. y López, O. C.** 1982. Productividad primaria neta y sus factores ecológicos en lomas de la costa central del Perú. Zonas Áridas. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas. Lima No 1 pp. 58 – 65.
17. **Weberbauer, A.** 1945. El mundo vegetal de los andes peruanos. Estudios fitogeográficos. Estación experimental Agrícola La Molina. Dirección de Agricultura, Lima, Perú. 776 p.

Categorización y Conservación de Cactáceas Peruanas

Carlos Ostolaza Nano¹

¹SPECS. Apartado 3215, Lima 100. Tel.:(511)4792360. Fax:(511)4792630.E-mail: carlosto@ec-red.com

Resumen

Se presentan 17 taxones de cactus peruanos, de 42 taxones ya estudiados y reportados. El número total representa cerca del 20 % de los 255 taxones, repartidos en 34 géneros, considerados válidos para el Perú, según la Organización Internacional para el estudio de Plantas Suculentas (IOS). Las categorías y taxones son: Preocupación Menor (LC): *Armatocereus procerus* Rauh & Backeberg; *Neoraimondia arequipensis ssp. roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza; *Oroya borchersii* (Boedeker) Backeberg; y *Tephrocactus floccosus* (Salm-Dyck) Backeberg. Vulnerables (VU): *Armatocereus matucanensis* Backeberg; *Browningia candelaris* (Meyen) Britton & Rose; *Haageocereus acranthus ssp. acranthus* (Vaupel) Backeberg; *Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus* (Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. carminiflorus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza. En Peligro (EN): *Cleistocactus acanthurus ssp. acanthurus* (Vaupel) Hunt; *Cleistocactus acanthurus ssp. pullatus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. pseudomelanostele* (Werdermann & Backeberg) Backeberg; *Mila caespitosa ssp. caespitosa* Britton & Rose. En Peligro Crítico (CR): *Cleistocactus xylorhizus* (Ritter) Ostolaza; *Haageocereus pacalaensis ssp. repens* (Rauh & Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. setosus* (Akers) Ostolaza; *Haageocereus tenuis* (Ritter) Rauh & Ostolaza. Se comentan las medidas de conservación que se han tomado para contrarrestar las amenazas a las que están sometidos los cactus peruanos que son: destrucción de los hábitats y/o recolección comercial. Dichas medidas son: protección del hábitat y cultivo ex-situ, y propagación para salvar las especies de hábitats imposibles de preservar.

Palabras clave: Cactáceas del Perú, Conservación, Categorización, UICN

Abstract

We present 17 Peruvian cacti taxa, of 42 taxa already studied and reported, mentioning the reasons of their inclusion in each category. The whole number represents near 20 % of the 255 taxa, distributed in 34 genera, considered valid for Peru, according to the International Organization for Succulent Plants Study (IOS, 1999). The categories and taxa are: Least Concern (L.C.): *Armatocereus procerus* Rauh & Backeberg; *Neoraimondia arequipensis ssp. roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza; *Oroya borchersii* (Boedeker) Backeberg; *Tephrocactus floccosus* (Salm-Dyck) Backeberg. Vulnerable (VU): *Armatocereus matucanensis* Backeberg; *Browningia candelaris* (Meyen) Britton & Rose; *Haageocereus acranthus ssp. acranthus* (Vaupel) Backeberg; *Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus* (Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. carminiflorus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza. Endangered (EN): *Cleistocactus acanthurus ssp. acanthurus* (Vaupel) Hunt; *Cleistocactus acanthurus ssp. pullatus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. pseudomelanostele* (Werdermann & Backeberg) Backeberg; *Mila caespitosa ssp. caespitosa* Britton & Rose. Critically Endangered (CR): *Cleistocactus xylorhizus* (Ritter) Ostolaza; *Haageocereus pacalaensis ssp. repens* (Rauh & Backeberg) Ostolaza; *Haageocereus pseudomelanostele ssp. setosus* (Akers) Ostolaza; *Haageocereus tenuis* (Ritter) Rauh & Ostolaza. Threats related to Peruvian cacti, are habitat destruction and/or plant collecting for trade. The conservation measures taken to counteract these threats are: habitat protection, and ex-situ cultivation and propagation, to save species in habitats impossible to preserve.

Key Words: Peruvian Cacti, Conservation, Categorization, IUCN.

Introducción

La conservación de los cactus es un tema que en el Perú, lamentablemente, todavía algunos consideran irrelevante, innecesario y hasta impertinente, sin embargo, en otros países del continente como México, Estados Unidos, Brasil o Chile, se le está dando la importancia que el tema merece y como ya hemos dado algunos pasos en esa dirección, principalmente en relación a los cactus limeños, ésta es la información que vamos compartir en este trabajo.

Categorización

La categorización de las plantas, según el grado de amenaza de extinción, es importante para tomar las medidas adecuadas para contrarrestar dicho peligro.

Se siguen los criterios dictados por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2001), los cuales se basan en dos aspectos principales: la abundancia de un taxón o sea número total de individuos maduros que forman una población y, el área de ocupación de dicho taxón lo que significa, la suma total de las localidades donde se le encuentra, y luego tenemos diversos grados de disminución, de uno u otro o ambos criterios, en relación al tiempo.

Las categorías más importantes, de la UICN son:

Preocupación Menor (Least Concern) Es el grupo más exitoso es decir que llena ambos requisitos citados de la UICN, abundancia de individuos y extensa área de ocupación.

Casi Amenazados (Near Threatened) En este grupo, de reciente creación, no hemos categorizado ningún taxón, y sinceramente, para el caso de la familia cactácea no encontramos una buena razón para la inclusión de taxones en esta categoría.

Vulnerables (Vulnerable) Esta categoría agrupa los taxones que enfrentan un riesgo de extinción a mediano plazo y el criterio D con poblaciones pequeñas o restringidas es el que mejor se ajusta en el caso de los cactus.

En Peligro (Endangered) Agrupa los taxones con alto riesgo de extinción en un futuro cercano por estar formadas por subpoblaciones severamente fragmentadas

(C) o que contienen pocos individuos maduros (D)

En Peligro Crítico (Critically Endangered) Agrupa los taxones con un grave riesgo de extinción en el futuro inmediato.

Resultados

En el caso de los cactus generalmente encontramos poblaciones pequeñas, en hábitats reducidos, pero existe toda una gama de variables. Hay casos en los que se conoce una sola localidad y ésta además se encuentra amenazada, (*Haageocereus tenuis*). Felizmente, hay otras especies cuya distribución cubre varios Departamentos con miles de individuos, no amenazados, (*Armatocereus procerus*).

Se ha entregado una relación de 42 taxones de cactus peruanos estudiados y reportados, al Departamento de Biodiversidad del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), para que adopte las medidas adecuadas para su protección. (Ver tabla 1). Se presenta algunos ejemplos en cada categoría, enfatizando los motivos de dicha ubicación. Hemos actualizado el nombre de algunos taxones siguiendo las recomendaciones de la IOS (1994) y el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (artículo 49.1) (Greuter W. et al. 2002). Buena parte de dichos nombres ya han sido

aceptados y están incluidos en el libro Cites Cactaceae Checklist, (Hunt, 1999), otros cambios son más recientes, pero ya están publicados (Ostolaza, 2002) y nuestra insistencia en mantener algunos taxones, considerados sinónimos, está relacionada con la conservación.

Preocupación Menor (LC)

Cuatro ejemplos de taxones, que son los más abundantes:

***Armatocereus procerus* Rauh & Backeberg.** Esta especie de cactus arbóreo endémico del Perú, tiene una distribución amplia, en nuestra costa, desde Casma al norte hasta Nazca al sur, y en algunos valles al este de Ica es muy abundante, con miles de individuos, entre los 600 a 900 m snm. En el valle del Chillón, su habitat está algo alterado por presencia humana, no obstante, merece esta categoría (Fig. 1a).

***Neoraimondia arequipensis* ssp. *roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza.** Esta subespecie, también arbórea, se encuentra en todos los valles y quebradas del Dpto. de Lima entre los 800 y 1200 m snm y su distribución llega por el sur hasta Pisco, en el Dpto. de Ica. Hay miles de individuos sin signos de alteración de las localidades (Fig. 1b).

***Oroya borchersii* (Boedeker) Backeberg.** Esta especie fue descrita en Conococha, en Ancash a 4000 m snm donde hay miles de individuos y de allí su distribución avanza hacia el norte tanto por la Cordillera Blanca hasta Recuay como por la C. Negra hasta Jangas, al norte de Huaraz. Hay miles de plantas no perturbadas y hasta conservadas como veremos, por eso su inclusión en este grupo (Fig. 1c).

***Tephrocactus floccosus* (Salm-Dyck) Backeberg.** Esta especie, que Ritter ubica en *Austrocylindropuntia*, es sumamente exitosa en varios Departamentos de la sierra central y sur del Perú, por encima de los 3500 m snm. Ocupa grandes extensiones formando colonias de flores amarillas cubiertas de pelo blanco y prácticamente no tiene competencia de otras plantas a esa altura, ni es pasible de depredación (Fig. 1d).

Vulnerables (VU D)

En este grupo hemos categorizado hasta 14 taxones, pero veremos sólo cinco ejemplos, cercanos a Lima.

***Armatocereus matucanensis* Backeberg.** Especie arbórea endémica descrita en Matucana, al este de Lima, pero su distribución va desde Churín al norte de Lima, hasta Nazca en el Dpto. de Ica, en alturas entre 1800 y 2500 m snm. A pesar de esta amplia distribución, la población total no es abundante (- de 1000 individuos maduros) (Fig. 2a).

***Browningia candelaris* (Meyen) Britton & Rose.** Esta especie arbórea fue descrita en Arica en 1832, cuando esta localidad era peruana, y curiosamente marca el límite austral de su distribución que avanza al norte por Tacna y Arequipa, luego hay un relicto en la ruta Nazca-Lucanas y cerca de Lima también hay una localidad (Tinajas) con cientos de individuos maduros. Esta población está fragmentada, pero no disturbada (Fig. 2b).

***Haageocereus acranthus* ssp. *acranthus* (Vaupel) Backeberg.** Este taxón que Ritter llama erróneamente *H. limensis*, se encuentra severamente disturbado en el valle del Rímac donde fue descrito, pero existe en otras localidades, tanto al norte de Lima (valle de Churín), al centro (Chillón, Tinajas) como al sur de Lima (valles de Chincha y Pisco), por eso su ubicación en esta categoría (Fig. 2c).

***Haageocereus acranthus* ssp. *olowinskianus* (Backeberg) Ostolaza.** La principal subpoblación de este taxón está en el cerro Caracoles, al sur de Lima, donde fue descrito y hay otras subpoblaciones más cercanas a la ciudad (Jicamarca, Santa Clara, Manchay, Atocongo, Pachacamac) pero severamente fragmentadas, no obstante, la población total debe situarse como Vulnerable (Fig. 2d).

***Haageocereus pseudomelanostele ssp. carminiflorus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza.** Es curioso, pero esta subespecie de flor carmín es más exitosa que la especie tipo del género, de flor blanca. Hay dos buenas localidades en Manchay y en Tinajas con cientos de individuos maduros (Fig. 2e).

En Peligro (EN C, D)

Agrupamos los taxones con alto riesgo de extinción en un futuro cercano por estar formados por subpoblaciones severamente fragmentadas (C) o que contienen pocos individuos maduros (D). Hemos ubicado aquí a 13 taxones, pero veremos sólo 4 ejemplos.

***Cleistocactus acanthurus ssp. acanthurus* (Vaupel) Hunt.** Este taxón de tallos delgados y arqueados y linda flor roja zigomorfa fue la especie tipo del género *Loxanthocereus*, ahora incluido en *Cleistocactus*. Descrita en el valle del Rímac, el más disturbado de todos, con una población estimada en menos de 250 individuos maduros, por eso se incluye en esta categoría (Fig. 3a).

***Cleistocactus acanthurus ssp. pullatus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza.** Este taxón de tallos más delgados y flores más pequeñas tiene subpoblaciones muy fragmentadas cerca de Lima en localidades pequeñas (Jicamarca, Santa Clara, Manchay, Picapiedra) por lo que se incluye aquí (Fig. 3b).

***Haageocereus pseudomelanostele ssp. pseudomelanostele* (Werdermann & Backeberg) Backeberg.** A este taxón Ritter lo llama erróneamente *H. multangularis*. Es un taxón de flor blanca, reportado en Cajamarquilla y valle del Chillón, localidades donde ya no se le encuentra más. Hay algunas subpoblaciones en Jicamarca, Huaycán y Manchay, pero su cercanía a la ciudad nos obliga a situarlo en esta categoría (Fig. 3c).

***Mila caespitosa ssp. caespitosa* Britton & Rose.** Taxón colectado por J. N. Rose en 1914 en Santa Clara, y es la especie-tipo. Presenta una población severamente fragmentada y escasa alrededor de Lima. Son subpoblaciones estimadas de contener menos de 250 individuos maduros (Fig. 3d).

Fig. 1
Cactáceas de Preocupación menor (LC)

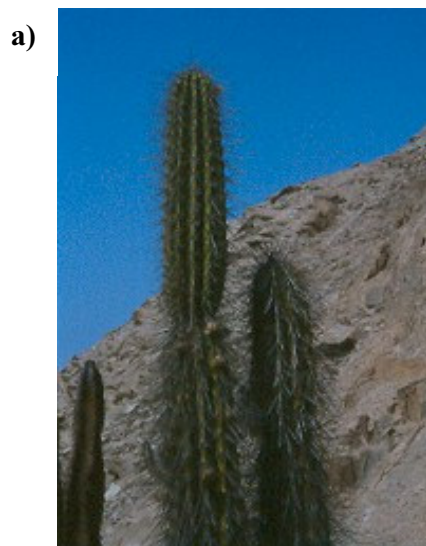


Fig. 2
Cactáceas Vulnerables (VUD)

a)



b)



c)



d)



e)



Fig. 3
Cactaceas En Peligro (EN C, D)

a)



b)



c)



d)



En Peligro Crítico (CR)

Agrupamos los taxones con un grave riesgo de extinción en el futuro inmediato. Veamos algunos ejemplos de los 11 taxones categorizados

***Cleistocactus xylorhizus* (Ritter) Ostolaza.** Es un taxón del que se conoce una sola localidad (Quebrada California), cerca de Lima y muy perturbada por presencia humana y además con muy pocos individuos adultos. Su categoría es aquí, definitivamente (Fig. 4a).

***Haageocereus pacalaensis* ssp. *repens* (Rauh & Backeberg) Ostolaza.** Este taxón descrito cerca de Trujillo está ahora seriamente amenazado porque su hábitat se encuentra lotizado y vendido como parte de un importante proyecto agroindustrial (Chavimochic) y es cuestión de tiempo para que sea reemplazado por espárragos, cultivo de exportación, que ya lo están cercando. Su ubicación en esta categoría está plenamente justificada (Fig. 4b)

***Haageocereus pseudomelanostele* ssp. *setosus* (Akers) Ostolaza.** La ssp. *setosus*, de flor roja, difiere de *H. pseudomelanostele* ssp. *carminiflorus*, en tener mayor cantidad de pelos, cerdas o lana y en el grosor de los tallos, y es importante desde un punto de vista taxonómico, mantenerlos como taxa diferentes, para incluirlo en esta categoría. Hay una población total estimada en menos de 50 individuos maduros en el Cerro Caracoles, donde fue descrito hace cincuenta años (Fig. 4c).

***Haageocereus tenuis* (Ritter) Rauh & Ostolaza.** Este taxón tiene una sola localidad conocida al norte de Huaral la que está actualmente lotizada y existen cercándola, desde hace algunos años, galpones para la crianza de aves de corral, con una disminución progresiva evidente del número de individuos maduros, por eso su ubicación en esta categoría (Fig. 4d).

Conservación

Hay dos causas principales que ponen en peligro nuestros cactus: La primera es la destrucción de los hábitats, ya sea por presión demográfica, expansión urbana, ampliación de áreas de cultivo, explotación minera, construcción de carreteras, etc., todos ellos relacionados con la disminución del área de ocupación.

La segunda causa es la recolección indiscriminada con fines comerciales, que se relaciona directamente con la disminución de la abundancia del taxón.

Algunas medidas para contrarrestar estas amenazas ya se han puesto en práctica, pero no son suficientes para resolver el problema en su totalidad.

La solución ideal es la creación de pequeñas reservas municipales, en las mismas localidades amenazadas, para que con el apoyo de la comunidad y de grupos interesados en los cactus y su conservación, podamos salvar estos taxones, sin tener que separarlos de su medio ambiente natural. (Kiesling, 1986).

La aplicación de esta política conservacionista ideal la tenemos en el distrito de Alto Selva Alegre, en Arequipa (Fig. 5), donde se protege fundamentalmente las especies: *Weberbauerocereus weberbaueri*, y *Tephrocactus corotilla*.

Una solución alternativa es la que lleva a cabo una empresa minera en Ancash, al norte de Huaraz, transplantando los cactus: *Oroya borchersii* (12000 especímenes) y *Matucana haynei* (1800 especímenes) a zonas protegidas dentro de la mina, con un monitoreo adecuado y constante (Fig. 6).

Fig. 4
Cactáceas En Peligro Crítico (CR)





Fig. 5. Parque Ecológico Selva Alegre, Arequipa



**Fig. 6.
Cultivo de
cactus en
mina
Pierina,
Ancash**



**Fig. 7. Cactario en Parque de Las Leyendas,
Lima**

Otra solución inmediata que, aunque no es la mejor, ha permitido rescatar los taxones alrededor de Lima, cuyos habitats son irrecuperables, y es el traslado y cultivo "ex - situ", en jardines de Universidades, instituciones conservacionistas y parques. Esto es lo que hemos venido haciendo con el concurso de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el Parque de Las Leyendas (Fig. 7), donde se han llevado las especies amenazadas. Hay otras alternativas más técnicas, como son: el cultivo de tejidos y/o un banco de semillas de las especies amenazadas de cactus peruanos, para las cuales se requiere el concurso de las Universidades, que son las llamadas a conservar y profundizar el estudio de nuestros cactus, antes que sea demasiado tarde.

Puede haber algunas soluciones más, pero ninguna tendrá éxito si las autoridades y la población en general, no están convencidas de la importancia de preservar las especies nativas. En 2001, hemos colaborado con Serpost en la emisión de una serie de sellos postales mostrando algunas de las especies amenazadas. Esta iniciativa la hemos promocionado en Quepo, (Ostolaza, 2002 A).

Referencias Bibliográficas

1. **Greuter W. et al.** 2002. Código Internacional de Nomenclatura Botánica, (Código de Saint Louis), Inst. Bot. Darwinion & Missouri Bot. Gard. Press.
2. **Hunt, D.** 1999. Cites Cactaceae Checklist, Second Edition, RBG Kew, Londres.
3. **IOS Bulletin**, 1994. Cactaceae Consensus Initiative Meeting. 5(6b):pp. 279-281
4. **IUCN** 2001. IUCN Red List Categories, versión 3.1. Gland, Switzerland.
5. **Kiesling R.** 1986. Pequeñas reservas para proteger comunidades vegetales. IOS Bulletin. 4(5) pp. 170 -171,
6. **Ostolaza, C.** 1980. Las cactáceas y la conservación de la flora. Boletín de Lima N° 7, Julio 1980, pp. 40 – 44. Lima.
7. _____. 1988. Los cactus de los alrededores de la ciudad de Lima y su conservación. Zonas Áridas N° 5. UNALM, Lima.
8. _____. 1995. Cacti in the vicinity of Lima, Perú, and their conservation status. Cactus & Succulent Journal (USA) Vol. 67 (1) 6-13
9. _____. 1996. A closer look at the conservation status of cacti in the vicinity of Lima, Perú. British Cactus. & Succulent Journal 14 (4) 157-174.
10. _____. 1998. Conservation of cacti in Lima, Perú. British Cactus & Succulent Journal 16 (2) 63-66
11. _____. 1998 A. The cacti of the Pisco, Ica and Nazca valleys, Perú. British Cactus & Succulent Journal 16 (3) 127-136.
12. _____. 1998 B. Nomenclatural adjustments in Peruvian Cactaceae. Cactaceae Consensus Initiatives 6: 8-9. England.
13. _____. 2000. Haageocereus tenuis and H. repens- rescued Peruvian cacti. British Cactus and Succulent Journal 18(3) 129-131
14. _____. 2001. Pierina, una mina ejemplar. Quepo 15, pp. 66 – 71, Lima.
15. _____. 2002. The cacti in the San Juan River Basin, Perú. A conservation survey. British Cactus and Succulent Journal 20(1) 29-42.
16. _____. 2002 A. Cactus de Lima en peligro de extinción. Quepo 16, pp. 56 - 58, Lima.
17. Ritter, F. 1981. Kakteen in Südamerika, Band 4, 1396-1400. F. Ritter Selbstverlag.

ANEXO 1

TABLA 1
CACTÁCEAS PERUANAS CATEGORIZADAS
Categorías de la UICN , versión 3.1

Preocupación Menor (LC)

Armatocereus procerus Rauh & Backeberg
Neoraimondia arequipensis ssp. roseiflora (Werd. & Backbg.) Ostolaza
Oroya borchersii (Boedeker) Backeberg
Tephrocactus floccosus (Salm-Dyck) Backeberg

Vulnerables (VU)

Armatocereus matucanensis Backeberg
Browningia candelaris (Meyen) Britton & Rose
Cleistocactus pachycladus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Corryocactus brevistylus ssp. puquiensis (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Echinopsis peruviana ssp. puquiensis (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Eriosyce omasensis (Ostolaza & Mischler) Ostolaza
Espostoa melanostele (Vaupel) Borg
Haageocereus acranthus ssp. acranthus (Vaupel) Backeberg
Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus (Backeberg) Ostolaza
Haageocereus pseudomelanostele ssp. carminiflorus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Matucana haynei (Otto) Britton & Rose
Melocactus peruvianus Vaupel
Oreocereus hendriksenianus (Backeberg) Backeberg
Weberbauerocereus rauhii Backeberg

En Peligro (EN)

Cleistocactus acanthurus ssp. acanthurus (Vaupel) Hunt
Cleistocactus acanthurus ssp. faustianus (Backeberg) Ostolaza
Cleistocactus acanthurus ssp. pullatus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Cleistocactus peculiaris (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Corryocactus quadrangularis (Rauh & Backeberg) Ritter
Haageocereus pseudomelanostele ssp. aureispinus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Haageocereus pseudomelanostele ssp. pseudomelanostele (Werdermann & Backeberg) Backeberg
Haageocereus pseudomelanostele ssp. turbidus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Mila caespitosa ssp. caespitosa Britton & Rose
Mila caespitosa ssp. densiseta (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Mila nealeana Backeberg
Opuntia pubescens Wendland ex Pfeiffer
Tephrocactus sphaericus (Foerster) Backeberg

En Peligro Crítico (CR)

Cleistocactus clavispinus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Cleistocactus hystrix (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Cleistocactus xylorhizus (Ritter) Ostolaza
Corryocactus megarhizus Ritter
Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus forma clavispinus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus forma repandus (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Haageocereus acranthus ssp. olowinskianus forma rubriflorior (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Haageocereus pacalaensis ssp. repens (Rauh & Backeberg) Ostolaza
Haageocereus pseudomelanostele ssp. setosus (Akers) Ostolaza
Haageocereus pseudomelanostele ssp. setosus forma longicomus (Akers) Ostolaza
Haageocereus tenuis (Ritter) Rauh & Ostolaza

Detección de cambios en los bosques secos del norte del Perú: Un análisis temporal entre los años 1991 y 2000 en “Malinguitas”

Marco Bravo Ferro¹ y Miriam Rodríguez Sánchez¹

¹Proyecto Algarrobo, Urb. San Eduardo C-3 El Chipe, Piura. Telefax: (073) 305065, Teléfono: (073) 309195. Apartado Postal: 083. e-mail: proyualgar@wayna.rcp.net.pe Web: <http://www.proyectoalgarrobo.org.pe>

Resumen

Se comparan imágenes LANDSAT TM de los años 1991 y 2000 con el objetivo de detectar, analizar y mapear los cambios de uso y cobertura del suelo en el Sector de Intervención del Proyecto Algarrobo “Malinguitas” (Piura). En este sector se ha experimentado un incremento de la población en aproximadamente el doble, en los últimos 10 años, consecuentemente, una severa presión sobre el recurso forestal; manifestándose un alto grado de disturbio de la cobertura vegetal, una fragmentación severa del Bosque seco Ralo de Llanura y crecimiento desmesurado de temporales. Por otra parte, el efecto benéfico del Fenómeno del Niño de 1998 ha permitido una notoria aparición de cobertura vegetal en lugares donde no existía, avizorándose una esperanza de revertir los procesos depredatorios. La aplicación de la tecnología satelital y clasificación automatizada mixta (no supervisada y supervisada) resulta apropiada en el análisis de este particular ecosistema, demostrándolo el alto grado de precisión (coeficiente kappa) de la cartografía generada.

Palabras clave: bosques secos, cobertura del suelo, análisis temporal.

Abstract

LANDSAT imagery of 1991 and 2000 years are used to detect, analyze, and map land cover uses and changes on the “Malinguitas” Intervention Sector of Algarrobo Project in Piura. The above named Sector had experienced a double fold increase in population during the last ten years, thereby a severe pressure on the forest resource. As a result, a high degree of disturbance on the vegetal communities coverage, a severe forest fragmentation, and chaotic outgrow of temporal agricultural land had occurred. On the other part, the beneficial side of 1998 El Niño Southern Oscillation (ENSO), has allowed a notorious growth of vegetal coverage in places where did not exist, seeing thus, a hope to reverse predatory processes. Satellite technology, specifically Landsat TM imagery, and automatic mixed classification (non supervised and supervised), result appropriate in the analysis of this particular ecosystem. This is proved by the high degree of precision (kappa coefficient) attained on the cartographic products.

Key words: dry forests, land cover uses, temporal analyses.

Introducción

En una visión retrospectiva del paisaje Piurano comparada con una realidad concreta, a nuestros días se pueden constatar cambios marcados por causas antropogénicas y climáticas. Las actividades antrópicas en su irracionalidad acarrear profundos impactos en el medio ambiente natural, muchas veces irreversibles. Así por ejemplo, los cambios de uso de la tierra donde se desarrollan los bosques secos hacia cultivos temporales, viene expandiéndose por necesidad alimentaria campesina, pero también por falta de asistencia técnica en el uso productivo de los recursos naturales, lo que sumado a un inexistente ordenamiento territorial, y excesivo crecimiento demográfico, ponen en riesgo el balance ecológico del medio. A esto se suma la tala ilegal de los bosques, con impactos adversos en estos frágiles ecosistemas, los que son además incrementados por sequías prolongadas que exasperan el efecto antrópico, exponiendo los suelos desnudos a la acción eólica erosiva de la capa fértil, tanto en áreas de cultivos temporales, como en áreas cubiertas por bosques secos muy malos, acelerando el proceso de desertización. Contrariamente, la manifestación positiva del efecto benéfico del Fenómeno del Niño

FEN), no sólo propicia condiciones adecuadas para la regeneración de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas en áreas en proceso de degradación, sino también le otorga al hombre la oportunidad de participar en procesos restaurativos, ofreciendo las condiciones pluviales requeridas para el desarrollo de plantaciones forestales y enriquecimiento de los bosques.

En este contexto de reflexiones, el Proyecto Algarrobo desde el año 1994, ha venido desarrollando esfuerzos compartidos con la población residente en la Comunidad Campesina José Ignacio Távora, específicamente en el sector “Malinguitas”, promoviendo activamente la conservación y uso sostenible de los bosques secos. En este sector, la población se ha duplicado en los últimos 10 años, razón por la cual presenta alto grado de disturbios de la cobertura vegetal, con una fragmentación severa del Bosque seco Ralo de Llanura, y crecimiento desmesurado de los temporales. No obstante, como efecto benéfico del Fenómeno del Niño del año 1998, es también notoria la aparición de cobertura vegetal en lugares donde no existía, lo cual nos da una esperanza de revertir procesos depredatorios.

Bajo esta problemática, el presente trabajo comprende la detección, análisis y mapeo de los cambios de uso y cobertura del suelo en el Sector Malinguitas. Se comparan imágenes LANDSAT TM de los años 1991 y 2000, utilizando las tecnologías de clasificación automatizada mixta, teledetección y la implementación de técnicas de mapeo SIG.

Generalidades

Área de Estudio

El Sector Malinguitas, se encuentra ubicado a 33 kilómetros al nor este de la ciudad de Piura, en la parte media de la cuenca del río Piura. Sus límites abarcan mayormente territorios del distrito de Tambogrande, provincia de Piura, y en menor parte el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón (Fig. 1). En sus 12,682 hectáreas se encuentran asentados 1,109 familias (6,119 personas), distribuidas entre los anexos (caseríos) La Rita, Los Chuicas, Callejones, Casaraná, Dios nos mire, Nueva Esperanza y El Cerezo (Champin, G. M. 2002). Se registra un incremento poblacional considerable (61 %), en el lapso de 6 años si se considera que para el año 1993 (información del último censo), la población total de estos caseríos fue de 3,788 personas.

El área del Sector Malinguitas forma parte del territorio tipificado como desierto perárido Premontano Tropical (dp – PT) según el mapa ecológico del Perú; presenta suelos arenosos de origen eólico (Regosoles), con bajo contenido de materia orgánica y alta infiltración. (INRENA, 1996, 1998).

El tipo de cobertura predominante es el Bosque seco Muy Ralo de Llanura y en menor cuantía el Bosque seco Ralo de Llanura. La especie arbórea predominante lo constituye el Algarrobo (*Prosopis pallida*), seguido por el Sapote

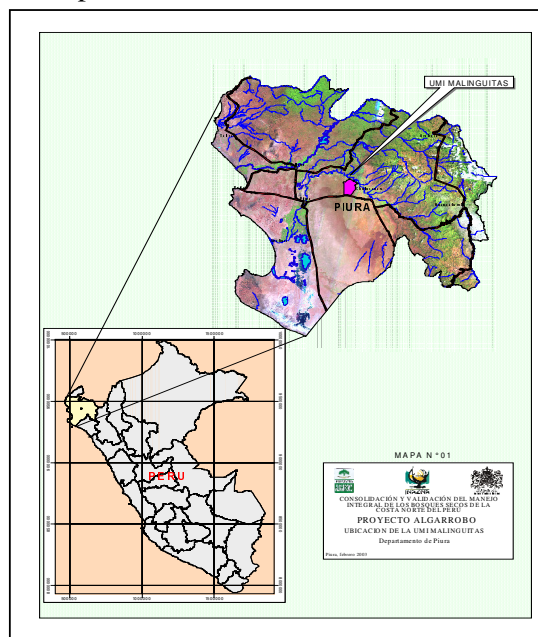


Fig 1: Área de Estudio, Sector Malinguitas

(*Capparis angulata*). Entre las especies arbustivas dominantes se encuentran el Aromo (*Acacia huarango*), Overo (*Cordia lutea*) y Bichayo (*Capparis ovalifolia*). La información climatológica de las estaciones aledañas reporta una temperatura media anual máxima de 23.4°C y una media anual mínima de 20.8°C. El promedio máximo de precipitación anual es de 104.2 mm, y el promedio mínimo de 73.5 mm.

Las características climatológicas en el área de estudio, registradas para la época en que se capturaron las imágenes satelitales son consideradas extraordinarias. Mientras el promedio mínimo de precipitación anual normal es de 73.5 mm, en el año 1990 se registra una precipitación para los meses de Febrero y Marzo de 8.5 mm y 11.5 mm respectivamente, muy por debajo de la normal. Para el año 1991, si bien hubo una mayor precipitación; 17 mm, 45.6 mm y 7.8 mm, para los meses de Febrero, Marzo y Abril, respectivamente, éstas son consideradas anormales y por lo tanto, años de sequía. En Enero del año 2000, la precipitación registrada fue de 3.5 mm.

La fisiografía se caracteriza por presentar un relieve llano en la parte sur, tendiendo a colinoso suave en la parte media y colinoso con pendientes de hasta 8 % en la zona norte. El paisaje norte del Sector Malinguitas presenta como característica principal la actividad agrícola bajo la forma de temporales, observándose pequeñas a medianas extensiones de terreno desnudo expuesta a la erosión eólica, pasada la época de cosecha.

Metodología

Información de Base

1. Imágenes y características

Se utilizaron dos imágenes de satélite Landsat de diferentes fechas, con las siguientes características:

Características	1991	2000
Tipo de imagen	TM	+ETM
Satélite	LANDSAT 5	LANDSAT 7
Resolución espacial	30 METROS	30 METROS
Número de Bandas	5	7
Path - Row	10/064	10/064
Fecha de la imagen	22 de Abril de 1991	17 de Enero del 2000

2. Nomenclatura

Para definir las clases de vegetación y uso de suelo en la clasificación de las imágenes, se tomaron como base las clases propuestas por El Proyecto Algarrobo en el Inventario Forestal del Departamento Lambayeque, año 1993. Los criterios fundamentales para esta clasificación de bosques secos, el grado de cobertura o densidad y el aspecto fisiográfico. La clasificación es la siguiente:

Cobertura	% de Cobertura de Copa	Nº Árboles/ha
Denso	> 60	> 150
Poco denso	> 30 < 60	> 70 < 150
Ralo	> 05 < 30	> 25 < 70
Muy Ralo	< 05	< 25
Fisiografía	Altitud (m.s.n.m.)	
Llanura	0 – 250	
Colina	250 – 1000	
Montaña	1000 – 2000	

Procesamiento de las imágenes Landsat TM

1. Clasificación de imágenes

Los métodos utilizados para la clasificación de las imágenes fueron: clasificación mixta (no supervisada y supervisada), índices de vegetación e interpretación visual (Gregory, S.O. 1999, Levien, L.M. et al. 1998). Para el tipo de cobertura y uso del suelo se utilizó una clasificación supervisada; los campos de entrenamiento se tomaron a partir del trabajo de campo, de puntos de verificación ubicados en carta nacional IGN. Se clasificó en primer lugar la imagen de ETM+, debido a que ésta tiene la mayor cercanía temporal y posteriormente la imagen de 1991, utilizando como base la imagen clasificada del año 2000. Fig. 2.

Trabajo de Campo

La verificación de campo es una etapa importante en este trabajo, porque nos conlleva a contrastar la realidad y tener más criterios para el análisis espacial.

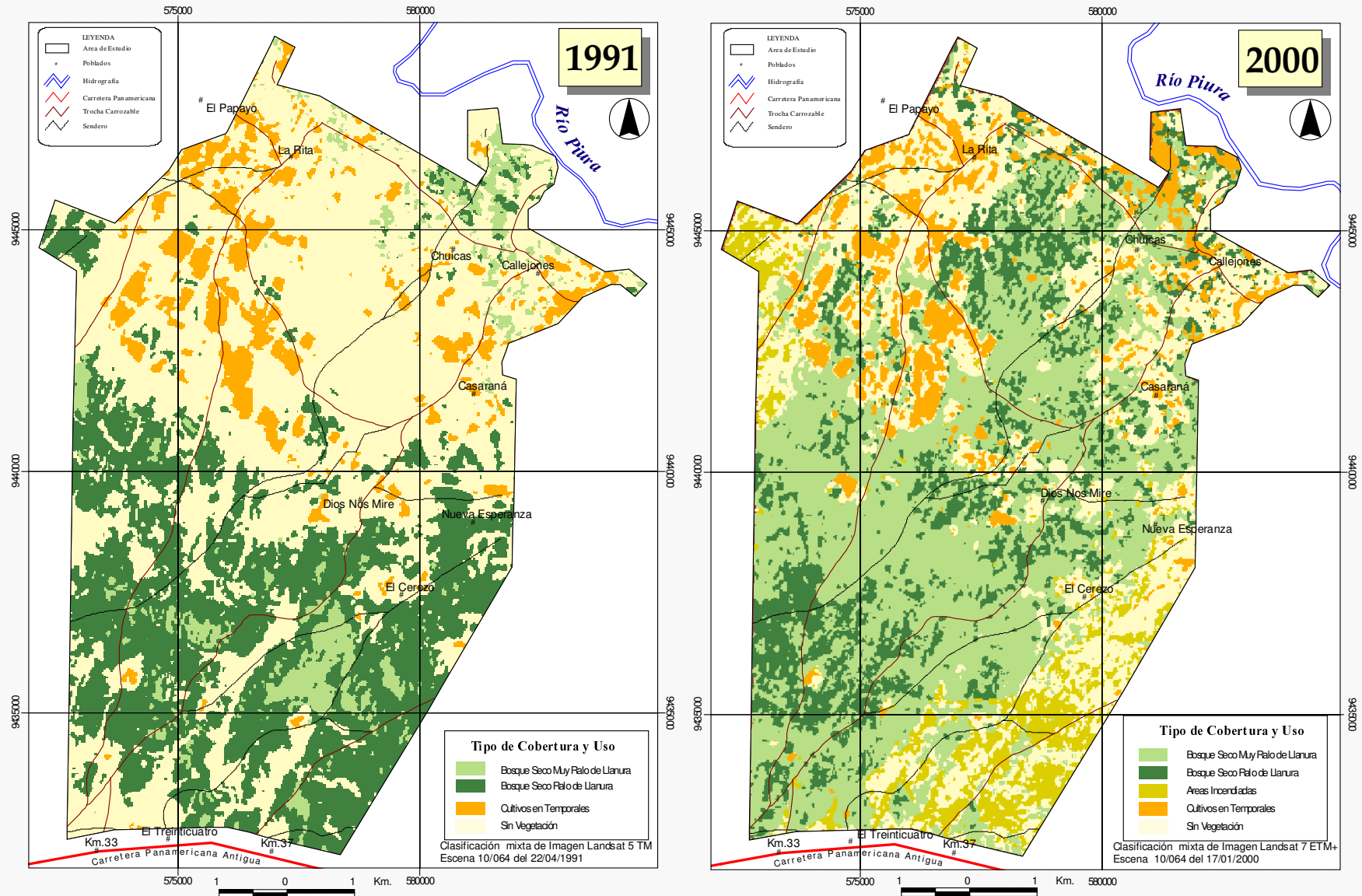
Se recorrieron diversas áreas de interés, con el objetivo de corroborar los límites e identificar el uso de suelo y la cobertura dominante, obteniéndose puntos de verificación. La información de campo fue esencial para la clasificación de las imágenes.

Evaluación de la precisión

Todo trabajo de mapeo apoyado en tecnología de percepción remota, particularmente la tecnología satelital, requiere de compromisos entre la información satelital usada para generar el mapa, y el nivel de precisión requerido del mismo (Senseman, G.M. et al. 1995). Los mapas, siendo modelos de la realidad, son raramente 100% correctos. Por lo tanto, el fundamento del compromiso reside en la aceptación de un nivel de error en el producto cartográfico, a cambio del uso de una tecnología relativamente barata (soles / hectárea mapeada).

Evaluar la precisión para determinar si la información de un mapa se encuentra dentro de los estándares de aceptación es quizás una de las etapas más críticas de todo el proceso de mapeo, por cuanto indicará que tan útiles son los productos cartográficos y que tan confiables son las conclusiones obtenidas de las comparaciones multitemporales.

FIGURA N° 02 : IMAGENES CLASIFICADAS MIXTAS AÑOS 1991 Y 2000 - SECTOR MALINGUITAS



La comparación entre la información que proporciona el mapa y la realidad, para efectos de evaluar la precisión puede apoyarse en dos fuentes de referencia: información satelital de mayor resolución espacial, fotografía aérea de gran escala (donde se tenga la certeza que la data geoespacial de referencia es la correcta), o data acopiada en el campo especialmente para su comparación con el producto cartográfico generado (Congalton, R.G. and Green, K. 1999)

Para efectos del presente trabajo, la fuente de comparación está conformada en su totalidad por información colectada en visitas de campo al sector de Malinguitas. El muestreo de las parcelas fue realizado al azar siguiendo las trochas carrozables, equidistante 300 m a ambos lados.

Para mapas generados a partir de escenas recientes (año 2000), la información colectada durante la verificación de campo es válida. Lo mismo no puede aseverarse para los mapas generados a partir de las imágenes del año 1991, pues el paisaje es cambiante en el tiempo, y no pudiendo acceder a fotografías aéreas de baja altitud del año 1991 o 1992, resulta imposible calcular la precisión de estos mapas. Por lo tanto la confiabilidad de la cartografía del año 1991 se basa en la rigurosidad de la metodología seguida durante la clasificación e información retrospectiva del paisaje proporcionada por pobladores asentados en las áreas de estudio.

1. Acopio de Información

La información colectada se basó en la nomenclatura y criterios empleados para el establecimiento de las clases o estratos del mapa, llámense estos, tipos de cobertura o usos del suelo (INRENA, 1998).

2. Coeficiente KAPPA

El coeficiente KAPPA mide la bondad de la clasificación, comparada con la probabilidad de asignar puntos al azar, a categorías correctas. Por lo tanto, la importancia y fortaleza del análisis de KAPPA radica en la posibilidad de probar si un mapa de uso y cobertura del suelo es significativamente mejor que si dicho mapa hubiese sido generado asignándole al azar, el tipo cobertura o clase temática (Congalton, 1983), a los polígonos generados durante la clasificación. El coeficiente KAPPA es ampliamente usado porque todos los elementos de la matriz de error contribuyen en el cálculo y no solamente los valores de la diagonal mayor, descontándose además por los aciertos debidos al azar (Rosenfield & Fitzpatrick-Lins, 1982).

El coeficiente KAPPA representa la proporción de acierto obtenido después de restar aquella que puede ocurrir por pura suerte (Foody, 1992). Se representa típicamente entre 0 y 1; donde 1 indica total concordancia, y es una medida de la precisión cuando expresado en porcentaje. Congalton (1999), caracteriza los valores de KAPPA en tres grupos: un valor > 0.80 (80%) representa una fuerte

concordancia; entre 0.40 y 0.80 (40% a 80%) representa una moderada concordancia, y un valor < 0.40 (40%) representa una pobre concordancia.

Resultados y Análisis

1. Mapas de Cobertura y Uso de Suelo en el Sector Malinguitas: Años 1991 y 2000

En el área del Sector Malinguitas, con una superficie total de 12682.40 ha. Existen 2 tipos de bosques: El Bosque seco muy ralo de llanura y el Bosque seco Ralo de Llanura. Los tipos de cobertura y uso de suelo para el Área de Intervención Malinguitas, se determinaron bajo los criterios de interpretación visual, análisis y clasificación de imágenes satélites Landsat 5TM (1991) y Landsat 7 ETM+ (2000). En el Sector Malinguitas, se han evaluado componentes de densidad, extensión de los bosques y uso actual, identificándose los siguientes Tipos de Cobertura y Uso de suelo, para el análisis comparativo en los años 1991 y 2000:

Tipos de Cobertura y Uso del suelo

Bosque seco Ralo de Llanura	(BsRLI)
Bosque seco Muy Ralo de Llanura	(BsMRLI)
Áreas incendiadas	(Ai)
Áreas de Cultivos en Temporales	(CT)
Áreas sin vegetación (suelo desnudo)	(SV)

1.1. Tipo de cobertura y uso de suelo año 1991

Tabla 1: Tipo de Cobertura y Uso de Suelo (1991) - Sector Malinguitas

AÑO 1991		
SIMBOLO	AREA _ HAS	%
BsMRLI	1544.62	12.18
BsRLI	4437.41	34.99
Ai	70.88	0.56
CT	2121.94	16.73
SV	4507.54	35.54
	12682.40	100.00

Según la Tabla 1 y el Mapa 1, resultado del análisis, clasificación digital y vectorial para el año 1991, se observa:

El Bosque seco Ralo de Llanura (BsRLI), es el más extenso en el área de estudio (4437.41 has). Representa el 34.99% de la cobertura vegetal, localizándose en su mayoría en la parte sur de la zona de estudio y al norte de la Carretera Panamericana. Se ubican en la parte Sureste del distrito Tambogrande (Prov. Piura), colindante con el distrito Chulucanas (Prov. Morropón). Estos bosques se caracterizan por tener poca diversidad florística, con árboles de porte bajo (menor de 10 mt.). Presenta dos o tres tipos de estratos: arbóreo,

arbustivo y herbáceo (INRENA - Proyecto Algarrobo, 1998. Mapa de los Bosques secos del Departamento de Piura).

El Bosque seco Muy Ralo de Llanura (BsMRLI), solo ocupaba el 12.18% de la superficie total estudiada, estimada en 1544.62 has de cobertura vegetal. Estos, se localizan en estratos encerrados por la cobertura boscosa anteriormente mencionada. Ubicados en forma dispersa en la parte Noreste y Sur del área de estudio, también se caracterizan por su poca diversidad florística, con individuos arbóreos de porte achaparrado, delgados (menor de 5mt. de altura) y muy dispersos. Se encuentran tres especies representativas: el aramo, zapote y algarrobo.

Áreas Sin Vegetación (SV), representa el 35.54% (4507.54 ha) del área total, con suelos desprovistos de vegetación, salvo la presencia de herbáceas esporádicas de tipo gramíneas efímeras o algunas cactáceas. Estas áreas probablemente fueron en su mayoría resultado de las severas sequías producidas entre los años 1990 y 1991, con precipitaciones promedio mínimas de 2.2 a 6.7 mm en este período. Estas superficies se ubicaban mayormente en la parte Noreste a Suroeste del Sector de Intervención Malinguitas.

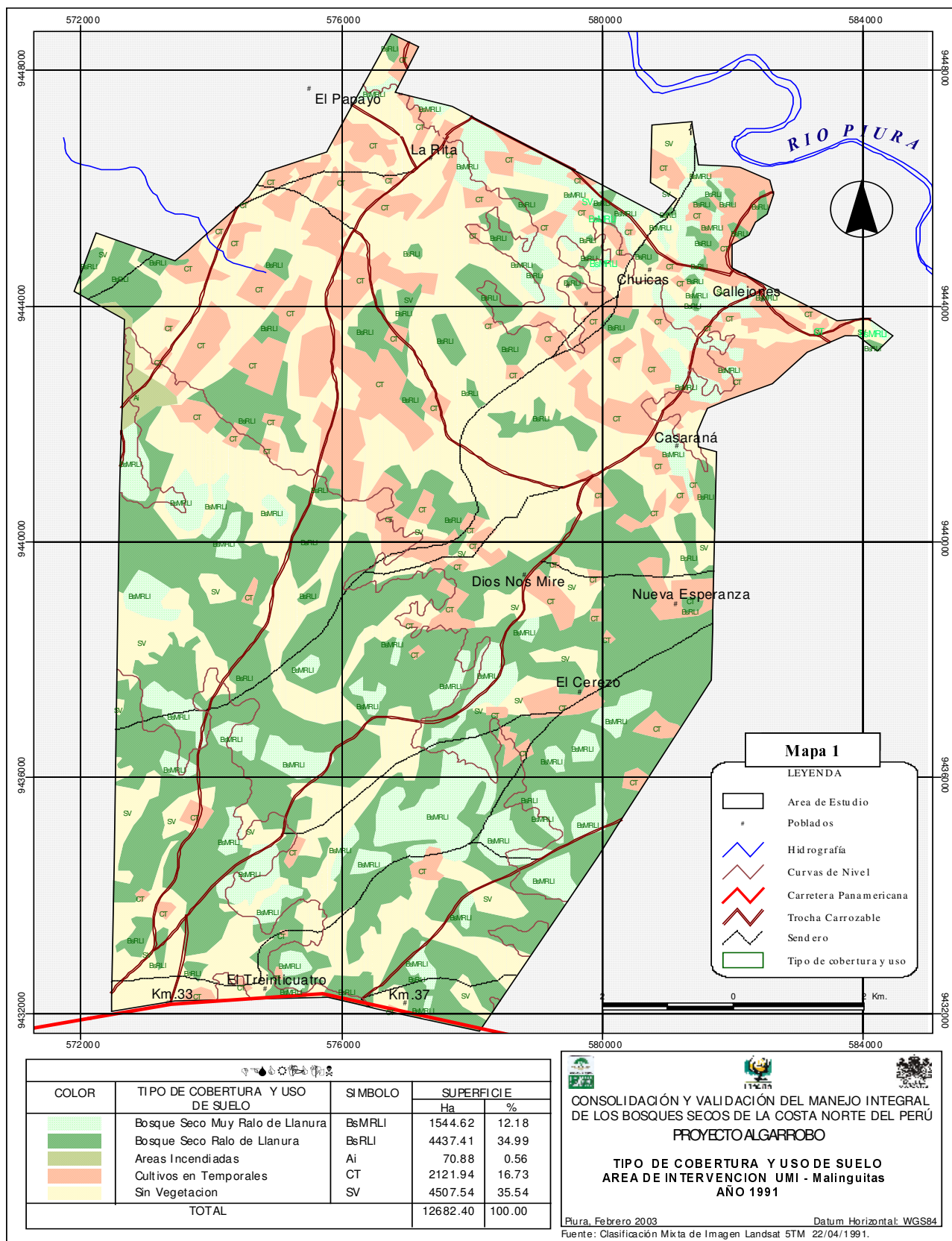
Áreas de Cultivos en Temporales (CT), son terrenos de uso agrícola, de carácter temporal, constituían el 16.73% del área total de estudio (2121.94 has). Se encontraban en forma dispersa en zonas aledañas a los poblados. Por su carácter temporal, esta actividad es practicada en el periodo de lluvias veraniegas (Enero – Marzo). Entre los cultivos más importantes figuran: maíz, fríjol chileno, zarandaja, camote, yuca, sandía, entre otros. Los poblados existentes en el área de estudio analizado son: La Rita, Los Chuicas, Casasaraná, Dios Nos Mire, Nueva Esperanza y El Cerezo (Champin, G.M. 2002).

Áreas Incendiadas (Ai), son zonas afectadas por los incendios forestales, está representado por el 0.56% del área de estudio (70.88 has). Ubicadas en el sector Noroeste del área de estudio; corresponde a zonas herbáceas incipientes por regeneración natural, luego de los incendios producidos en el año 1990. En la imagen de satélite, se observan daños causados por los incendios debido a la presencia de material combustible seco, generado por las sequías de los años 1990 – 1991.

1.2. Tipo de cobertura y uso de suelo año 2000

Tabla 2: Tipo de Cobertura y Uso de suelo (2000) - Sector Malinguitas

AÑO 2000		
SIMBOLO	AREA _ HAS	%
BsMRLI	5040.24	39.74
BsRLI	2266.41	17.87
Ai	1635.78	12.90
CT	2511.53	19.80
SV	1228.44	9.69
	12682.40	100.00



Según la Tabla 2 resultado del análisis, clasificación digital y vectorial se observa:

El Bosque seco Muy Ralo de Llanura (BsMRLI), se presenta altamente incrementado en relación al año 1991, con una superficie de 5040.24 has, lo que representa el 39.74% del área total. Siendo la presencia del Fenómeno del Niño del año 1998, un evento importante que favoreció en la regeneración natural del bosque. La presencia del Proyecto en estos sectores, fue un factor coadyuvante a la aparición de cobertura forestal en áreas de suelo desnudo. Este tipo de cobertura se encuentran en su mayoría en la parte central, en sentido Suroeste a Noreste del área de estudio.



Bosque seco Muy Ralo de Llanura – Sector Malinguitas

Bosque seco Ralo de Llanura (BsRLI), comprende el 17.87% del área total (2266.41 has). Este tipo de cobertura se encuentran ubicados en forma dispersa, encerrados dentro del tipo de Bosque seco muy Ralo. En referencia al año 1991, estos bosques disminuyeron casi en 50%. Esta deforestación se debe principalmente a los incendios forestales ocurridos durante el año 1999, a la ampliación de la frontera agrícola en éstas áreas y a la tala selectiva.



Bosque seco Ralo de Llanura - Sector Malinguitas

Áreas de Cultivos en Temporales (CT), la ampliación de la frontera agrícola representa el 19.80% del área de estudio, lo que ascienden 2511.53 has, un incremento de 3% con respecto al año 1991.



Cultivos en Temporales – Sector Malinguitas

Áreas Incendiadas (Ai), en la imagen del año 2000 se notan claramente estas áreas cuya ocurrencia se dieron en el año 1999. El área afectada asciende al 12.90% del área total. Los incendios probablemente fueron causados por la abundante formación de material combustible, producto del fenómeno del Niño (bosque seco). Altamente inflamable en condiciones de altas temperaturas y nulas precipitaciones, así como la intervención antrópica. Este Sector de estudio forma parte de las áreas de muy alto riesgo, determinadas en el Documento sobre Ubicación y Caracterización de Zonas de Riesgo de Incendios Forestales en los Departamentos de Lambayeque y Piura (Bravo, M.A. 2001).

Áreas Sin Vegetación (SV), representan un porcentaje de 9.69% del área total (1228.44 has). Estas áreas se encuentran localizadas muy cercanas a los poblados, propiciados por la intervención antropica. La disminución de este tipo de uso, en casi 25% con respecto al año 1991, se debió a la presencia del Fenómeno de Niño del año 1998, que permitió el crecimiento de grandes extensiones de pastizales y regeneración de especies arbóreas y arbustivas.

1.3. Variación de tipo de cobertura y uso de suelo años 1991 - 2000

Tabla 3: Comparación cuali cuantitativa de la cobertura y uso de suelo entre los años 1991 - 2000 - Sector Malinguitas

SIMBOLO	TIPO DE COBERTURA Y USO				VARIACION	
	ANO 1991		ANO 2000		1991 Y 2000	
	AREA	HAS	AREA	HAS	AREA	HAS
BsMRLI	1544.62	12.18	5040.24	39.74	3495.62	27.56
BsRLI	4437.41	34.99	2266.41	17.87	-2171.00	-17.12
Ai	70.88	0.56	1635.78	12.90	1564.90	12.34
CT	2121.94	16.73	2511.53	19.80	389.59	3.07
SV	4507.54	35.54	1228.44	9.69	-3279.10	-25.86
	12682.40	100.00	12682.40	100.00		

La presente Tabla 3 y Mapa 2, muestran la variación por cada tipo de Cobertura y uso de suelo registrado en los años 1991 y 2000 respectivamente.

Es importante resaltar, la recuperación del tipo Bosque seco Muy Ralo de Llanura en un 27.56% del área total, lo que significa un incremento de 3495.62 has. Este proceso favorable se sustenta, primeramente, por la presencia del Fenómeno del Niño en el año 1998, con precipitaciones anuales de 2906 mm, y en parte por la intervención del Proyecto Algarrobo desde el año 1999, que con un apoyo participativo de la población, está propiciando el manejo adecuado de los bosques secos. Estos procesos han permitido la recuperación de los bosques y la aparición de cobertura vegetal en áreas denudadas.

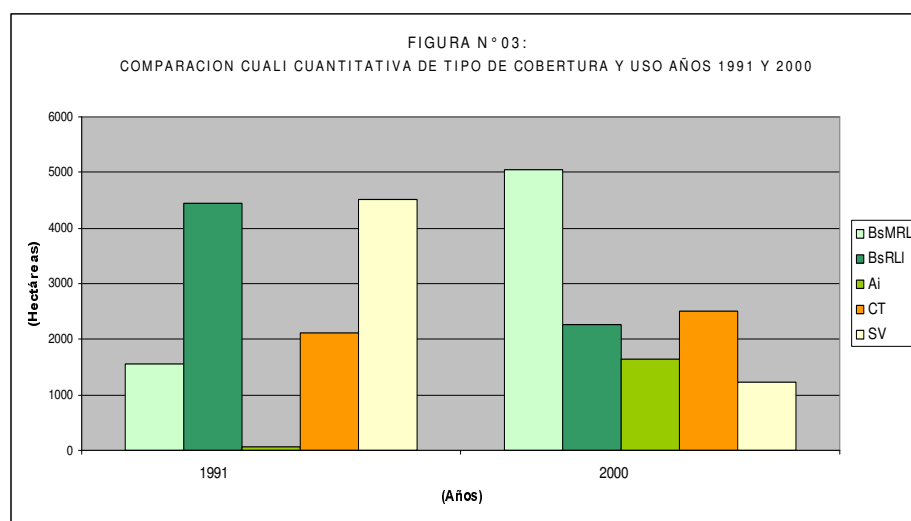
El tipo Bosque seco Ralo de Llanura, registra una pérdida de 2171.00 has, debido principalmente al incendio del año 1999 y a la tala selectiva, que representa un 17.12% del área total.

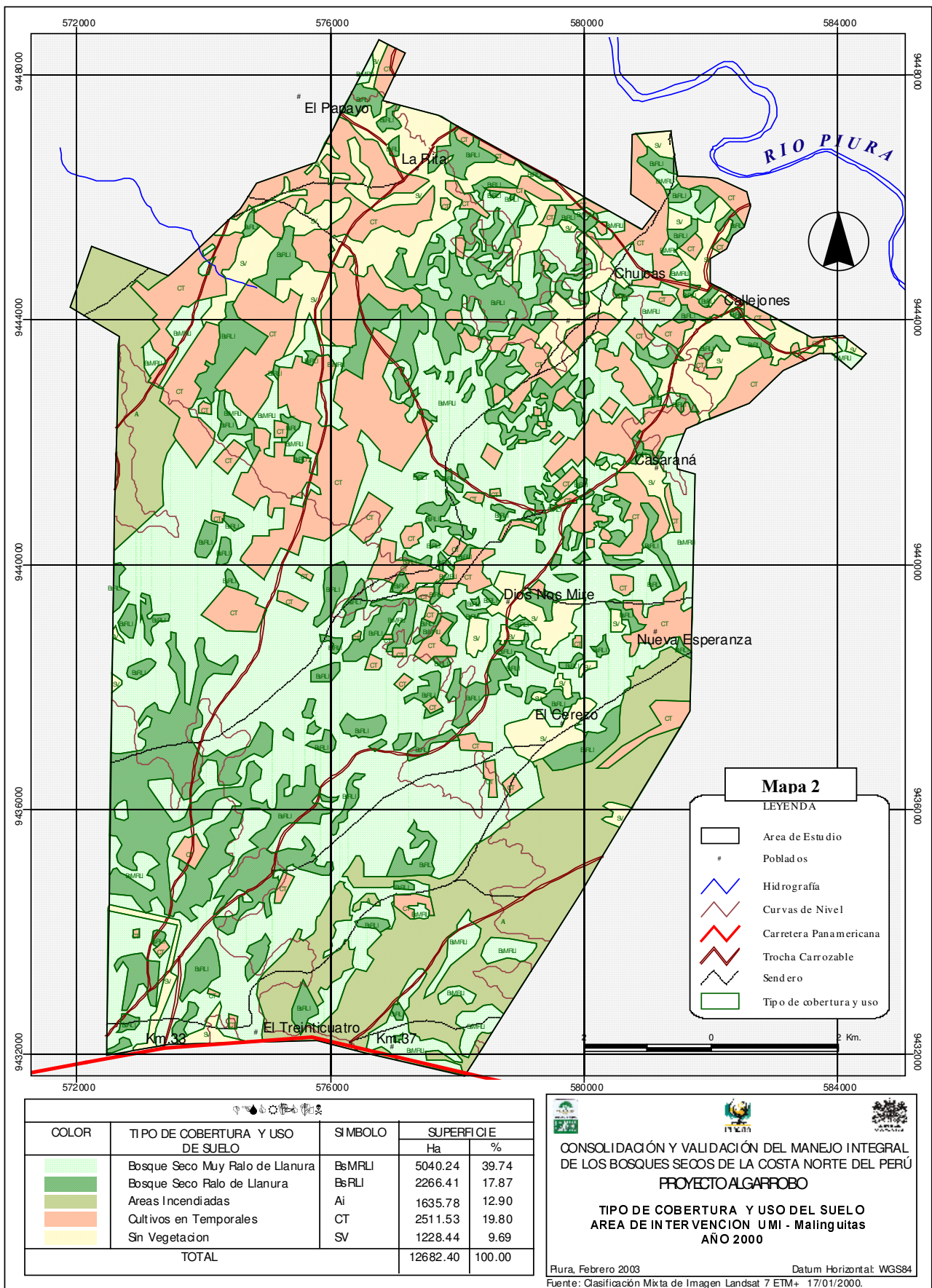
Sin lugar a dudas el FEN ha sido un factor positivo para la recuperación de la cobertura forestal y en general la cobertura vegetal en el área de estudio. El balance entre el año 1991 y 2000 resulta en un incremento del orden de 1324.62 has de cobertura vegetal, los cuales han emergido en suelos desnudos.

La ampliación del 3.07% de las áreas agrícolas para temporales (389.59 has.); obedece a la necesidad de satisfacer las demandas alimentarias de la población rural en aumento.

Las áreas incendiadas se incrementaron en 12.34 %, siendo los Bosques secos Ralos de Llanura los más afectados.

El 25.86% de áreas sin vegetación cambió a áreas con algún tipo de cobertura vegetal, como resultado del FEN del año 1998. Fig. 3.





1. Análisis de la precisión

Primeramente se determinó un número suficiente de puntos (parcelas o muestras) para una evaluación de la precisión total. Para algunos investigadores, una muestra mínima de 20 por clase o tipo de cobertura es requerida para una precisión de clasificación de 85 %, mientras que 30 observaciones por clase son necesarias para una precisión de 90 % (al 0.05 nivel de confianza). Así, para el caso del Sector Malinguitas se requeriría 100 parcelas o puntos de muestreo (5 clases x 20)

1.1 Tabla de contingencia o matriz de error

La matriz de error compara información de los sitios de referencia con la información del mapa para un número determinado de áreas muestreadas. Es una tabla de dos entradas en la que las columnas usualmente representan las clases de la información asumidas correctas, llamada información de referencia. Las filas representan generalmente las categorías o clases del mapa de la información generada a partir de los sensores remotos (Bravo, M.A. 1990).

La tabla 4 que a continuación se muestra, representa la matriz de contingencia o matriz de error para el mapa de Malinguitas.

Tabla Nº 4 Matriz de Error Para el Mapa de Malinguitas (Imagen del año 2000)

	REFERENCIA (Verificación de Campo)						Total	%Correcto	%Omisión
	Tipo de Cobertura o Usos del Suelo	BsrlI	BsMHI	CT	Ai	SV			
MAPA (Clasificación)	BsrlI	12	6				18	66.7	33.3
	BsMHI	5	22				27	81.5	18.5
	CT			45			45	100.0	
	Ai				9	5	14	64.3	35.7
	SV	1			2	22	25	88.0	12.0
	Total	18	28	45	11	27	129		
	%Correcto	66.7	78.6	100.0	81.8	81.5		85.3	
	%Omisión	33.3	21.4		18.9	18.5			

Precisión Total=85.3 %

Coefficiente KAPPA=80.6 %

De este cálculo se concluye que el mapa en su conjunto muestra una precisión de 85.3 %, y la mayor confusión de clasificación se encuentra entre la categoría Bosque seco ralo de Llanura y Bosque seco Muy ralo de Llanura. Resultado, explicable por el hecho de que en ambas categorías existe un estrato inferior de tipo arbustivo y herbáceo, produciendo en algunos casos, conjuntamente con el

estrato arbóreo, un patrón de reflectancia similar en ambas categorías, aún cuando su composición florística es diferente. Sin embargo parecería que es ésta característica la que permite una discriminación bastante acertada entre ambos tipos de cobertura en la generalidad de los casos.

Por otra parte, siendo la baja densidad arbórea por unidad de área, una de las características saltantes de los bosques secos, y por otra parte la resolución espacial de 30 m del sensor LANDSAT 7 ETM que reconocería objetos cercanos a los 900 m², resulta sumamente difícil discriminar multiespectralmente áreas de densidad arbórea menor a una cobertura de 5 %. Es por ello que la confusión resultante también se presenta entre suelo desnudo y bosque seco muy ralo (0.1 % a 5 %), mayormente en el Sector Sechura, donde la cobertura arbórea del tipo de Bosque seco muy ralo no sería suficiente para saturar radiométricamente al píxel.

2.2. Coeficiente KAPPA

El Coeficiente KAPPA ha sido calculado según la ecuación de Cohen (Cohen, J. 1960): El resultado de la precisión expresado como coeficiente KAPPA de 80.6 % cae dentro de la categoría más alta según Congalton, R.G. (1999). Es decir, existe una fuerte concordancia entre la información del mapa del Sector Malinguitas y la colectada en el campo.

3. Análisis Espacial Comparativo

El resultado del análisis comparativo realizado para el área de intervención Malinguitas de los años 1991 y 2000 respectivamente, refleja la dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo, debido a factores naturales y antrópicos modificadores del paisaje. Estos cambios muchas veces generan el debilitamiento o incrementan la fragilidad de los bosques, mientras otros, favorecen la estabilidad y conservación de los mismos. Los resultados son presentados en una matriz de detección de cambio (Johnston, A.C. 2000), cuyo resumen se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Análisis comparativo de los cambios de cobertura y uso de suelo 1991 y 2000 - Sector Malinguitas

SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (Has)	%
	Cobertura Forestal de Bosque Seco muy Ralo	585.57	4.62
	Incremento de la densidad de cobertura forestal	398.68	3.14
	Desaparición de bosques afectados por incendios forestales	1197.12	9.44
	Deforestación de los Bosques para uso agrícola	448.67	3.54
	Desaparición de Cobertura forestal	199.45	1.57
	Disminucion de la densidad de bosque	2173.61	17.14
	Cobertura Forestal de Bosque Seco Ralo	984.04	7.76
	Cambio de Uso agrícola a Cobertura de Bosque	246.78	1.95
	Áreas de cultivos en Temporales	1411.64	11.13
	Desaparición de Áreas agrícolas	423.42	3.34
	Zonas expuestas a Incendios Forestales	70.89	0.56
	Áreas de cultivos temporales y zonas herbáceas afectadas por incendios	369.17	2.91
	Aparición de Cobertura Forestal en Áreas desnudas	2917.77	23.01
	Incremento de Áreas agrícolas en suelos desnudos	647.07	5.10
	Áreas sin vegetación	608.52	4.80
	TOTAL	12682.40	100.00

La Tabla 5 y el Mapa de Análisis de tipo de Cobertura y uso del suelo del Sector Malanguitas nos muestra la comparación de los cambios ocurridos entre los años 1991 y 2000, bajo una clasificación de 15 clases, de las cuales 10 clases identificadas muestran los cambios de tipo de cobertura y uso.

Tabla N° 6 Grado de Disturbio de la Cobertura Forestal (Sector Malanguitas) entre los años 1991 y 2000

Tipo de Bosque	Variación									
	N° de Polígonos		Area Promedio (ha)		Area Mínima (ha)		Area Máxima (ha)		Desviación Estándar	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
BsMRLI	51	53	30.29	94.89	2.9	0.59	205.8	3916.9	34.7	535.7
BsRLI	50	140	88.75	16.19	1.2	0.48	1957.8	643.7	329.6	57.91

La Tabla 6 muestra el grado de fragmentación de la cobertura forestal por tipo de bosque y la tendencia de ésta.

3.1. Tipo de cobertura y uso

Es de particular importancia señalar, que el 23.01% del área total de suelos que antes estaban considerados como desnudos o sin vegetación, cambiaron al tipo de Bosque seco Ralo y Bosque seco Muy Ralo. Esta transformación se debe fundamentalmente a la regeneración natural del bosque, a partir de la ocurrencia del fenómeno del Niño (año 1998). El 17.14% del área total, refleja una disminución de la densidad del bosque, este proceso evidencia el empobrecimiento gradual del bosque; probablemente debido a la tala sistemática por el poblador local para lograr rápidos ingresos económicos con la venta de leña de algarrobo.

Otro notable hallazgo indica que solamente el 11.38% del área total; representada por 1569.61 has, corresponde a cobertura forestal permanente. Son las áreas que analizando los años 1991 y 2000, han conservado los tipos de cobertura Bosque seco Muy Ralo de Llanura (7.76%) y Bosque seco Ralo de Llanura (4.62%) respectivamente, en sus mismos espacios.

En cuanto al incremento de la densidad boscosa, se tiene que 398.68 has de cobertura de Bosque Muy Ralo (3.14% del área total) se transformaron a Bosque Ralo; probablemente este proceso se debió al crecimiento vegetativo de las especies arbóreas del bosque Muy Ralo, pasando a constituir zonas de bosque más denso. Por otro lado, actividades silviculturales y de manejo realizado por el Proyecto Algarrobo en estas zonas, habrían permitido la conservación y mejoramiento del bosque.

Un resultado que llama la atención y por la baja probabilidad de que ocurra, es la conversión de áreas de cultivos temporales (CT) a Bosques secos ralos. Estas áreas en la imagen del año 2000 (1.95%), con el mismo patrón de reflectancia de bosque ralo podría explicarse de la siguiente manera: parte de los suelos que el campesino los abandona, son cubiertos de maleza y probablemente arbustos, reflejando energía similar a la de los Bosques Ralos.

El crecimiento o aumento de vegetación de tipo arbóreo o arbustivo en los linderos de temporales podría también contribuir con semejante patrón de reflectancia. La permanencia del cultivo llamado fríjol de palo (*Phaseolus* sp), durante más de un año en el temporal, podría, del mismo modo reflejar energía similar al del Bosque Ralo. Si bien el porcentaje de cambio de este tipo de cobertura es bajo, estas tres situaciones pueden ocurrir simultáneamente y en diversos grados.

Así como, se dieron procesos que permitieron la recuperación e incremento de áreas de bosque se observaron acciones inversas; cabe resaltar, la desaparición de cobertura forestal, originado probablemente por intervenciones antrópicas como la tala. Quedando suelos desnudos por esta causa en 1.57% del área total.

Otro cambio negativo que va en desmedro de la cobertura vegetal, se muestra con el incremento de 3.54% de la superficie de cultivos temporales. De igual manera, el 9.44% del área en estudio, expresa la destrucción de la cobertura forestal, causados por los incendios forestales del año 1999. Estas mermas hacen un total de 1845.24 has de bosques que fueron devastadas por diferentes agentes.

Las áreas de cultivos temporales que se han conservado para fines agrícolas entre los años 1991 y 2000 es de 11.13% del área total (1411.64 has). Estas áreas, incrementadas en 5.10%, tiene su origen en suelos desnudos o cubiertos de vegetación herbácea fáciles de rozar y muy cercanas a los centros poblados. Por otro lado, se observa que el 3.34% del área total (423.42 has) se transformaron en áreas sin vegetación, pudiendo tratarse de terrenos en proceso de degradación, donde a pesar de las lluvias veraniegas, no ha emergido ningún tipo de vegetación.

La permanencia del 4.80% del área total (608.52 has) sin vegetación, en ambos años, permite inferir por el tiempo transcurrido y su estadío como tal, la probabilidad de que estas áreas estén pasando por un marcado proceso de degradación. En el peor de los casos, desertización incipiente (Glant, M.H. et al. 1984).

Del análisis efectuado, se estimó que en el año 1991, se utilizaba 5 has por cada familia para uso de cultivos en temporales, mientras que en el año 2000, este coeficiente aumentó a 6 has por cada familia; debido al crecimiento de la población en este periodo. El análisis espacial comparativo entre los dos años indica un incremento real de las áreas de cultivos en temporales de 389.59 has (3.07% del área total).

Esta tasa de crecimiento de 43.28 ha / año de temporales, si bien puede considerarse relativamente baja, y que no va de acuerdo con el ritmo de crecimiento de la población, podría tener su explicación en la diversificación de actividades de los pobladores, la cual probablemente haya contribuido al incremento del ingreso familiar; no necesitando por lo tanto, mayores áreas de cultivo. Por otro lado, a pesar de ser los cultivos en temporales, una actividad costumbrista muy arraigada, es posible que el poblador esté cambiando hacia una actitud más conservadora de su medio ambiente.

Aún cuando lo anteriormente expuesto sea una manera optimista de analizar el proceso de cambio, lo real es que la tala selectiva, si bien menos impactante en este sector, sigue siendo la actividad más atractiva y rápida de utilizar el recurso forestal para la subsistencia familiar. Esta apreciación se ve sustentada en la disminución del área cubierta de Bosque seco Ralo en 17.12 %, siendo la causa, exclusivamente antrópica.

Según la información demográfica, el poblado con mayor número de habitantes lo constituye La Rita. En el año 1993 (año del censo), la población registrada fue de 2,135, mientras que en el año 2001, aumentó a 3,600. Factor que explica la mayor presión sobre el bosque ocupado en el cuadrante superior izquierdo del mapa N° 3. Notoriamente reflejado en el aumento del área de temporales, y en la disminución del BsRLI. Callejones es el segundo anexo con mayor población que experimentó gran crecimiento. De acuerdo con el censo del año 1993, se observó una población de 896, incrementándose a 1,308 en el año 2001.

El análisis visual del mapa 2 muestra el gran disturbio causado por el hombre sobre la cobertura boscosa del sector estudiado. Es evidente el grado de fragmentación y disminución en área que ha sufrido el Bosque seco Ralo de Llanura (BsRLI), comparado con el mapa 1. En efecto, el análisis estadístico presentado en la Tabla 6, muestra que el área mínima y área máxima ocupada por este tipo de bosque no solamente disminuyó a casi la tercera parte (0.48 ha y 643.7 ha respectivamente) sino que la frecuencia (número de polígonos) se triplicó el año 2000, en comparación con el año 1991. El mapa 2 muestra a la zona central y norte, cercanas a los centros poblados de Dios nos Mire, Los Chuicas y Callejones donde se presenta la mayor fragmentación. Lo opuesto, y en mayor proporción ocurre con el Bosque seco Muy Ralo de Llanura (BsMRLI), observándose una tendencia a la homogenización, es decir, empobrecimiento general del bosque.

La máxima superficie continua de tipo de bosque en el paisaje estudiado, indica el grado de fragmentación de 15.4 % para el BsRLI (1991) y 5.1 % en el año 2000 (altamente fragmentado), corroborándose lo anteriormente expuesto. Lo opuesto ocurre con el BsMRLI; pues mientras que para el año 1991 fue de 1.6 %, (altamente fragmentado), para el año 2000 se tiene 30.9 % (gran espacio continuo).

Finalmente, el 2.91% de área total, equivalente a 369.17 has, conforman áreas afectadas por los incendios forestales de 1999, cuyos usos eran agrícolas, así como zonas con suelo casi desnudo.

Conclusiones

1. La aplicación de la tecnología Landsat al estudio del Sector Malinguitas permitió generar productos cartográficos confiables, tal como lo demuestra el coeficiente Kappa de 80.6 % (precisión del mapa). Considerado por los estándares internacionales como muy bueno.
2. El Sector Malinguitas presenta dos tipos de Bosque bien diferenciados en las imágenes satelitales, los Bosques secos Ralos de Llanura y Los Bosques secos Muy Ralos de Llanura; los cuales han sufrido cambios sustantivos entre los años 1991 y 2000.
3. Se presentan severos disturbios, demostrando una dinámica con dominancia de procesos que causan pérdidas de biomasa. Fundamentalmente se deben a grandes reducciones en las áreas con bosques, por efecto de los incendios y el excesivo aprovechamiento maderable. Las áreas con cambios positivos abarcan sectores donde ocurrió una regeneración del bosque.
4. El efecto benéfico del FEN del año 1998 se pone de manifiesto con la aparición de cobertura vegetal en el 25.86 % de áreas denudadas.
5. El análisis comparativo visual, entre los mapas 02 (imagen del año 1991) y 03 (imagen del año 2000), permite detectar un alto grado de disturbio en la cobertura vegetal del sector Malinguitas. Esta observación es respaldada por los índices de fragmentación del Bosque seco Ralo de Llanura, disminución del área mínima y máxima, así como la disminución del área total ocupada por el mismo. Notoriamente en el tipo de Bosque seco Ralo de Llanura, pasando de un índice leve de fragmentación el año 1991 (15.4%), a 5.1 % (severamente fragmentado) el año 2000.
6. Se demuestra una correlación directa entre el aumento poblacional de Malinguitas y el grado de fragmentación del bosque; particularmente el Bosque seco Ralo de Llanura.
7. Existe una diferenciación entre la ocupación espacial de los cultivos en temporales del anexo La Rita y los anexos Chuicas, Dios nos Mire, Casaraná y Callejones. Mientras que en La Rita la tendencia es a expandir en forma contigua los temporales existentes, transformándose en extensas áreas expuesta a la erosión eólica; en los otros anexos es más fragmentada, dejando relictos de Bosque seco Ralo entre parcelas, a manera de cortinas rompevientos.
8. La clara y evidente tendencia de la desaparición del Bosque seco Ralo de Llanura (BsRLI), y la predominancia del Bosque seco Muy Ralo de Llanura, lleva consigo la disminución de la capacidad de carga. Situación

que afectará en gran medida las actividades apícola, de ganadería menor y de transformación.

9. La permanencia de 608.52 hectáreas (4.8 %) denudadas en el lapso de 9 años, podrían indicarnos un estadio de degradación significativo de los suelos, tendientes a la desertización. Sin embargo, esta tendencia y velocidad del fenómeno requiere de mayores estudios de monitoreo para determinar con seguridad la permanencia del cambio.

Recomendaciones

1. Se recomienda incidir en los trabajos sobre educación ambiental y en el apropiado uso agrícola de los suelos.
2. Iniciar un estudio detallado sobre el proceso de fragmentación y uso adecuado de los suelos, para definir los efectos que ocasiona sobre el ecosistema.
3. Planificar un estudio de monitoreo a largo plazo, utilizando técnicas digitales de teledetección y fotografías aéreas de baja altitud para la verificación de la data.
4. Iniciar un estudio del estado de los suelos en los temporales y áreas denudadas, para determinar el grado de degradación y las acciones de remediación.

Referencias Bibliográficas

1. **Bravo Ferro, M. A.** 2001. Ubicación y Caracterización de Zonas de Riesgo de Incendios Forestales en los Departamentos de Lambayeque y Piura. INRENA-Proyecto Algarrobo. 40 p.
2. **Bravo Ferro, M. A.** 1990. Classification and Boundary Agreement Between Vegetation Maps From Large and Small Scale Aerial Photography, Northwestern California. California. USA. MsC.Tesis. 44 p.
3. **Champin, G. M.** 2002. El Manejo Participativo del Bosque Seco. La Experiencia de Nacho Tavera. INRENA-Proyecto Algarrobo. 51 p.
4. **Cohen, J.** 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. Pp 395-400 in Y.S. Bishop et al. Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice. 1975. MIT Press, Cambridge, Massachusetts. 575 pp.
5. **Congalton, R. G. And Green, K.** 1999. Assessing the Accuracy of remotely Sensed Data: Principles and Practices. Lewis Publishers. Washington DC. 1999. 137 p.
6. **Congalton, R.G. and R.G. Oderwald, and R.A. Mead.** 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate statistical techniques. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 49:1671-1678.
7. **Congalton, M.G. and Mead.** 1983. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 49:69-74

8. **Fitzpatrick-Lins, K.** 1981. Comparison of Sampling Procedures and Data Analysis for Land-use and Land-cover Map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 47(3):343-366.
9. **Fitzpatrick-Lins, K.** 1978. Accuracy and consistency comparisons of land use and land cover maps made from high altitude photographs and Landsat multi-spectral imagery. U.S. Geological Survey, *Journal of Research*. 6:23-40.
10. **Glantz, M.H., Orlovsky, N.** 1984. Desertification: A review of the Concept. *Encyclopedia of Climatology*, J.E. Oliver and R. Fairbridge, eds., Hutchinson Ross Publishing Company.
11. **Gregory, S. O.** 1999. Desertification: Monitoring & Forecasting. Division of Geological and Planetary Sciences at Caltech. Pasadena. California. USA. 56 p.
12. **INRENA - Proyecto Algarrobo.** 1999. Mapa e Inventario Forestal de los Bosques Secos en la Comunidad Campesina "José Ignacio Távora Pasapera". Piura-Perú. 28 p.
13. **INRENA - Proyecto Algarrobo.** 1998. Mapa de los Bosques Secos del Departamento de Piura. Memoria Descriptiva. 85 p.
14. **INRENA - Proyecto Algarrobo.** 1996. Guía explicativa del Mapa Forestal 1995. 129 p
15. **Johnston A. C.** 2000. *Geographic Information Systems in Ecology*. Blackwell Science Ltd. Oeney Mead. Oxford. 2000.
16. **Levien, L.M., and Fisher, C.S.** 1998. Statewide Change Detection Using Multitemporal Remote Sensing Data. Seventh Forest Service Remote Sensing Application Conference in Nassau Bay, Texas, April 6-10, 1998. 9 p.
17. **Rosenfield, G.H., K. Fitzpatrick-Lins, and H.S. Ling.** 1982. Sampling for thematic map accuracy testing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 48:131-137.
18. **Rosenfield, G.H.** 1981. Analysis of variance of thematic mapping experimental data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 48:1685-1692.
19. **Senseman, G.M., Bagley, C.f. and S.A. Tweddale.** 1995. Accuracy Assessment of the discrete Classification of Remotely – Sensed Digital Data for Landcover Mapping. USACERL Technical Report EN-95/04, April 1995. 8 p.

Las Aves y las Poblaciones Rurales en los Algarrobales de Piura: Sechura y Tambogrande

Dora Velásquez Milla¹

¹CCTA. Tizón y Bueno 481 Jesús María, Lima. Tel.: (51-1)4639269. Fax: 2614374. E-mail: doravelasquez@mail.ru

Resumen

Se presentan los resultados de una investigación ecológica-social en dos algarrobales representativos de la Costa Norte peruana: uno ubicado en el Caserío de Belisario, que colinda con el Desierto de Sechura, y otro en la Cooperativa Agraria Malingas Alto, en el Departamento de Piura. Este estudio tuvo como propósito el determinar las relaciones que establecen las poblaciones rurales asentadas en estos algarrobales con las aves de su entorno. Se identificaron 39 especies de aves de importancia económica y cultural para los pobladores de los algarrobales. Se determinaron tanto aves recurso como aves perjudiciales. En las categorías de alimentación (8), control de plagas de insectos (7) y en aves plagas (17), se encontró el mayor número de especies. El análisis del comportamiento de la comunidad de las aves de importancia puso en evidencia el efecto de la oscilación “año bueno” (de lluvias) – “año malo” (sequía) sobre sus abundancias, siendo favorable en el caso de Malingas Alto y negativo en el caso de Belisario. Las abundancias de las poblaciones de algunas especies, inclusive, se “dispararon” con la sequía, como la de *Zenaida asiática* “ojos azules” en Belisario y *Columbina cruziana* “tortola” en Malingas Alto. Las poblaciones rurales del Caserío de Belisario como las de la Cooperativa Malingas Alto tienen una economía del tipo familiar comunal. En ambas poblaciones se observaron importantes esfuerzos de cohesión social. Tanto por los recursos naturales que se presentan en estos algarrobales como por la organización social que tienen. Pensando en la seguridad alimentaria como una de las estrategias para conseguir ese tipo de desarrollo, los recursos naturales juegan un rol importante. Desde el punto de vista de recursos biológicos que aportan en la alimentación, existen hasta 8

especies de aves que podrían utilizarse para ello, de las cuales *Zenaida asiática*, para Belisario, y *Zenaida auriculata*, para Malingas. Las plagas agrícolas necesitan ser controladas; esto es especialmente cierto en el caso del “peche” *Sturnella bellicosa* y *Phrygilus alaudinus* que afectan el maíz y el frejol, respectivamente, en Belisario, y del “periquillo” *Forpus coelestis*, que afecta el maíz en Malingas Alto. Lo dicho no será posible si no se piensa, en la necesidad de contener el proceso de desertificación, lo que significa tomar medidas de protección de los bosques de algarrobo, como el de Belisario, que constituye un área natural crítica, y el de Malingas Alto, que cuenta con hábitats importantes para la reproducción y desarrollo de las aves de algarrobales. Finalmente, una cuestión central es la recuperación de la conciencia de las poblaciones rurales locales, los campesinos, como responsables principales del futuro de estos bosques, y la exigencia de la intervención del Estado a través de políticas que garanticen el uso adecuado y la conservación de los mismos.

Palabras clave: “algarrobo”, Desierto de Sechura, Piura, desertificación.

Abstract

The results of a social ecological research carried out in two representative “algarrobo” fields of the Peruvian North Coast are presented: one located in the small village of Belisario that is adjacent to the Sechura Desert, and another in the Agrarian Cooperative Malingas Alto, in the area of piedemonte (mountain base), in the Department of Piura. This study had as central purpose to determine the relationships that settle down the rural populations seated in these “algarrobo” fields with the birds of its environment. There were identified 39 species of birds with economical and cultural

importance for the residents of the carob tree fields. There were determined resource - birds as much as harmful - birds. In the alimentation categories (8), the control of plagues of insects (7) and, mainly, of birds plagues (17), there was found the biggest number of species. The analysis of the behavior of the community of significant birds put in evidence the effect of oscillation "good year" (of rains) - "bad year" (drought) over its abundance, being favorable in the case of Malingas Alto and negative in the case of Belisario. The abundance of the populations of some species, even "boomed up" with the drought, as the *Asian Zenaida* "blue eyes" in Belisario and the *Columbine cruziana* "turtledove" in Malingas Alto. Evidently, Malingas Alto offered bigger resources and protection places for the birds, due to the biggest wealth of habitats that it presents. The rural populations of the small village of Belisario like those of the Cooperative Malingas Alto have a communal family type economy. In both places there is an economy of self-consumption, although apparently Malingas Alto carries out a productive activity more linked to the market, being the main productive activity the extensive goat raising. On the other hand, in both populations there were observed important efforts of social cohesion. For the natural resources that are presented in these "algarrobo" fields, as well as for the social organization they have, we can think of the possibility of a model of alternative development for these rural societies whose axis is the self-sufficiency and the sustainability. Thinking about the alimentary security as one of the strategies to get that

kind of development, the natural resources play an important list. From the point of view of biological resources that contribute in the alimentation, there exist up to 8 species of birds that could be used for this purpose, among which *Asian Zenaida*, for Belisario and *Zenaida auriculata*, for Malingas, due to their rates of growth and renovation to be harvested in a sustained form. Also having in mind the perspective to increase the levels of production of the nutritious cultivation, the agricultural plagues need to be controlled, among them the birds; this is specially certain in the case of the "peche" *Sturnella bellicosa* and of *Phrygilus alaudinus* that affect the corn and the bean plants, respectively, in Belisario, and in the case also of the "periquillo" (parakeet) *Forpus coelestis* that affects the corn in Malingas Alto. All said before won't be possible if we don't take it in consideration, at the same time, if we don't think about the necessity of stopping the desertification process. This means that it's important to take protection measures for the "algarrobo" forests, as the case of Belisario and that one of Malingas Alto, that has important habitats for the reproduction and development of the birds of the carob trees fields. Finally, a central item remains: the recovery of the coincidence of the local and rural populations, the peasants, as the main responsible in the future of these forests, and the demand of the State intervention by policies that guarantee the appropriate use and the conservation of those.

Key words: "algarrobo", Sechuran desert, Piura, desertification.

Introducción

La Costa norte peruana es un bioma desértico caracterizado por la irregularidad climática y la fragilidad ambiental; sin embargo, estas condiciones adversas están contrarrestadas por la variedad y cantidad de recursos naturales que ofrece para la vida del hombre.

Las áreas rurales de este bioma desértico actualmente atraviesan por una doble crisis: ecológica y social. La crisis ecológica se manifiesta en la tendencia hacia el deterioro del medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales, en el avance del proceso de **desertificación**, siendo la disminución de la extensión total del bosque denso a un 10% de lo que era hace un siglo su expresión más clara. La crisis social

está dada por el decremento progresivo de la calidad de vida de los pobladores rurales.

La causa fundamental de esta crisis se debe a la falla en la integración adecuada de las leyes que rigen la naturaleza con las leyes que rigen los procesos productivos del hombre, que se viene dando secularmente en estas áreas. Así, pues, las actividades productivas como la caza y la pesca, la explotación forestal, la ganadería y la agricultura, así como la de transformación se inscriben dentro de un modelo de desarrollo irracional, de explotación sin conservación.

Es urgente replantear el carácter actual de estos procesos productivos, encaminándolos hacia un **modelo de desarrollo alternativo**. Este nuevo modelo debe garantizar el desarrollo autosostenido y la autosuficiencia local y regional, usando adecuadamente el medio ambiente y los recursos naturales.

En los últimos años ha tomado fuerza la propuesta de la **planeación ecológica o ecodesarrollo**, modelo que busca la relación armoniosa entre naturaleza y sociedad, y plantea el cambio hacia una **producción ecológicamente adecuada**; para hacer posible este cambio se considera necesario tener un conocimiento preciso del ecosistema de tal forma que se encuentre su vocación productiva y se diseñe, luego, estrategias organizativas y tecnológicas adecuadas.

Los algarrobales en particular, son los principales ecosistemas de las áreas rurales del norte costeño, son las formaciones típicas de los valles a lo largo de los ríos y se hallan en forma dispersa en la llanura. El algarrobo (*Prosopis pallida*, *P. affinis* y *P. juliflora*) es la especie más característica en los ambientes más xerófitos de la región, hacia el suroeste, ocupando la zona del litoral y hasta los 4°L.S. Estos algarrobales forman parte del discurrir cotidiano de una población rural, organizada en comunidades campesinas, que desarrolla allí actividades productivas como la ganadería, la agricultura y la actividad forestal. El destino de los bosques de algarrobo depende en gran medida de la acción de esta población rural, aunque no sólo de ella.

Para obtener un conocimiento más preciso de las características ecológicas de los algarrobales, se ha llevado a cabo el estudio de varios de sus componentes físicos y bióticos, poniendo especial énfasis en la relación que se establece con la población rural. Dentro del componente faunístico, se decidió investigar a las aves de los algarrobales, con los siguientes objetivos:

1. Determinar el estado actual del recurso ornitológico en algarrobales representativos de la Costa norte.
2. Discriminar el modo en que los pobladores rurales aprovechan la ornitofauna de los algarrobales bajo estudio, a través de sus prácticas productivas.

3. Rescatar el conocimiento, el uso y las técnicas de manejo tradicionales del recurso ornitológico que poseen los pobladores rurales de los algarrobales bajo estudio.
4. Pesar el papel específico que juegan los factores socioecológicos concretos, como las características demográficas, la calidad y la cantidad del recurso ornitológico, la tecnología y la valoración económica sobre el aprovechamiento de las aves de los algarrobales bajo estudio.
5. Proponer criterios de manejo que garanticen un equilibrio entre los factores ecológicos y la población rural, y una explotación autosuficiente y autosostenida del recurso ornitológico de los algarrobales bajo estudio.

Metodología

A nivel general, se siguieron criterios metodológicos que le imprimieron el carácter a la investigación realizada. En primer lugar, se siguió un **enfoque ecológico-social**, abarcándose tanto la esfera de lo biológico (lo faunístico) como de lo social. Definido esto, se consideró necesario desarrollar el estudio en **dos algarrobales con características diferenciadas**, de modo tal que se tuviera una visión más objetiva, menos sesgada, de los patrones ecológico-sociales de estos ecosistemas. En tercer lugar, se recogió tanto **información cualitativa como cuantitativa** buscando la complementariedad entre ambas. Finalmente, fue incluido el **conocimiento local**, el de los campesinos que pueblan estos algarrobales, lo que permitió enriquecer y completar la información que fue recogida por los métodos científicos clásicos.

En un plano más específico, en lo que se refiere al estudio del **componente ornitológico** de los algarrobales, se realizó primero el análisis de la **importancia económica y cultural** (actual y potencial, benéfica y perjudicial) de las aves y, luego, el del **comportamiento ecológico** (abundancia, hábitat y amplitud de nicho) de algunas especies seleccionadas según su nivel de importancia, aplicando en cada caso las técnicas de recopilación (entrevistas, muestreos) y procesamiento de información (clasificaciones, IAR, índices de Simpson y de Czekanowski), así como de elaboración de productos finales necesarios (matrices, cuadros, gráficos).

Finalmente, en cuanto a lo **social**, a través de encuestas semi-estructuradas, seguimiento a la jornada de trabajo durante un día y de la participación en fiestas y asambleas, se describió globalmente, a modo de sondeo, la manera en que las familias **organizan y controlan sus recursos naturales** (distribución, manejo, tenencia), **organizan y controlan sus recursos sociales** (faenas colectivas, transmisión de conocimiento y tecnología), construyen su **institucionalidad** (identidad, representación, defensa, sistema de cargos y autoridades) y se **articulan con el contexto** regional y nacional.

El trabajo de campo se realizó en el período de un año, con visitas durante la época seca (agosto 1989) y la época de lluvias (febrero 1989 y marzo 1990). Este se llevó a cabo con el apoyo de un equipo de 6 investigadores formados en ecología animal y 1 en sociología, además de los mismos pobladores de los algarrobales en estudio quienes sirvieron de guías y de informantes.

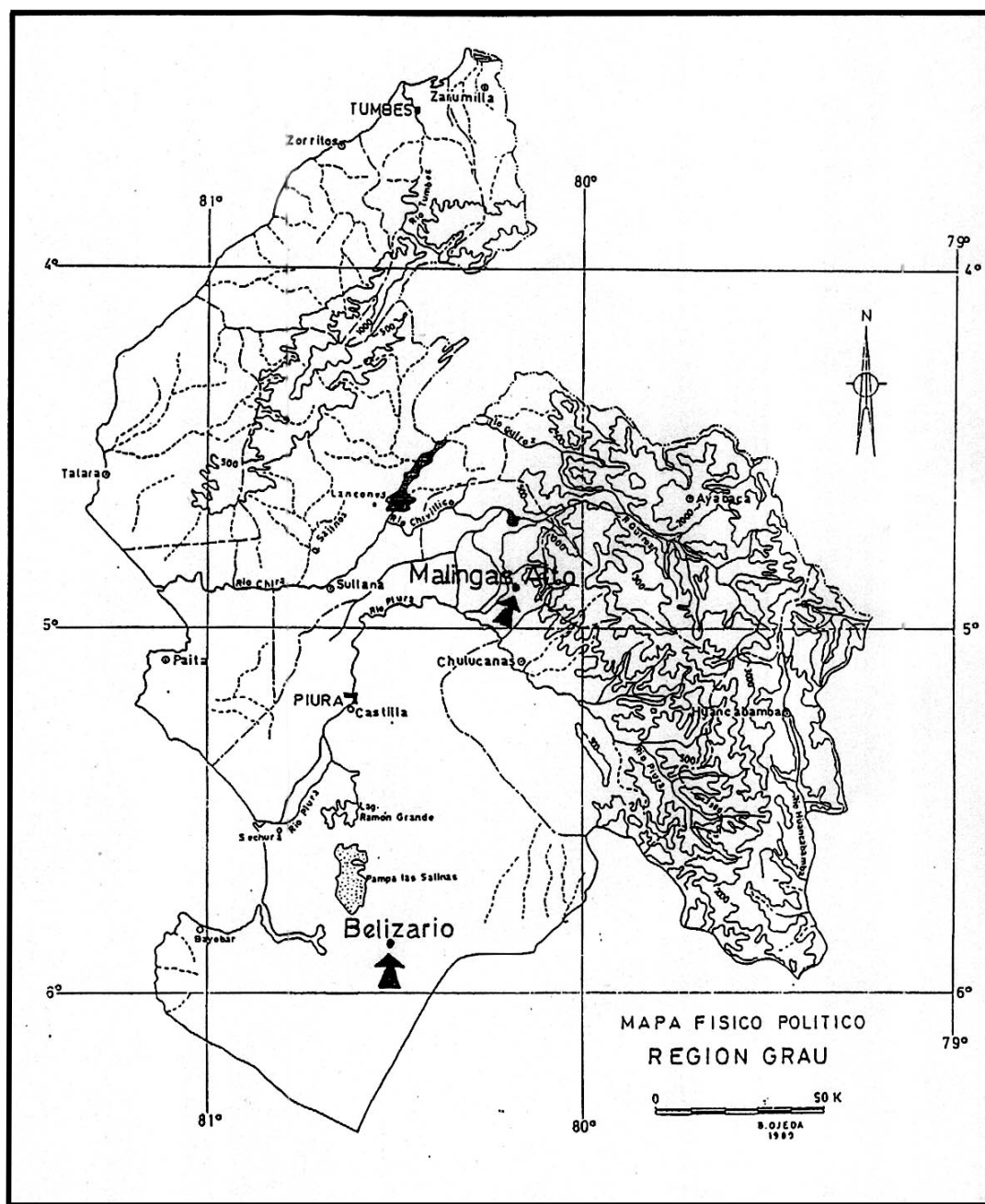
Resultados:

1. Las Características Globales de los Algarrobales de Belizario y Malingas Alto

El estudio se llevó a cabo en dos bosques de algarrobo del departamento de Piura, uno en el Caserío de Belizario ubicado en L.O.80°30'-80°15' y L.S.5°50'-6°00', en el distrito de Sechura, y otro en la Cooperativa Agraria Malingas Alto ubicado más hacia el norte y al oeste, en L.O.80°15'-80°7'-30" y L.S.4°50'-5°00', en el distrito de Tambogrande (Fig.1).

El bosque de Belizario y el de Malingas Alto, al formar parte de una misma unidad ecológica, cuentan con características similares, como que ambos están sometidos al ciclo estacional de "año bueno" (de lluvias) - "año malo" (de sequía), a los eventos del Niño, entre otros factores; sin embargo, presentan diferencias a escalas más pequeñas. Belizario presenta un clima entre hiperárido y árido. Tiene una topografía suave y suelo arenoso, descubierto en amplias zonas. El agua es escasa y está disponible en la napa freática. La vegetación presenta una arquitectura y composición simples, reducida al algarrobo y al sapote como especies arbóreas. Todas estas características coinciden con su ubicación dentro de la Zona de Vida de Desierto (ONERN, 1976). En cambio, Malingas Alto presenta un clima semiárido. Tiene una topografía heterogénea y suelos mejor formados. Presenta cursos de ríos temporales y permanentes. La vegetación es más diversa y estratificada, contando con especies herbáceas y leñosas como el overal, el faique y el hualtaco además de las ya mencionadas. Estas condiciones ambientales la ubican apropiadamente dentro de la Zona de Vida Matorral desértico de Piedemonte (Ibid.). La fauna en ambos algarrobales en estudio, como en todos los ambientes desérticos, es pobre, presentando una composición típica del bosque seco ecuatorial (Brack, 1986), siendo las especies más representativas la iguana, el zorro de Sechura, la ardilla, el venado de cola blanca, el huerequeque, el chutuque, el choqueco, el chilalo y el periquillo. Sin embargo, en Belizario predomina la fauna de porte pequeño y propia de ambientes secos; en cambio, en Malingas Alto existe mayor riqueza y densidad faunística, y se presentan especies de ambientes más húmedos, como el pacaso, garzas, patos y sapos. Hay que decir también que, debido a la explotación irracional de estos bosques, la fauna ha sido fuertemente impactada, sobre todo, por la alteración de sus hábitats y por la caza irracional. Las especies más afectadas a través de la disminución de su densidad han sido el venado, el puma, las ardillas, las perdices y por el contrario, se ha producido la proliferación de especies como la soña, el chutuque, los pericos, los ratones de campo, el zorro, el peche, los negros, la macanche entre otras.

Fig. 1. Ubicación del Area de Trabajo. Belizario y Malingas Alto



En cuanto a las poblaciones rurales, la del Caserío de Belizario, comparada con la de Malingas Alto, presenta una menor densidad demográfica, ejerce una mayor presión ambiental y realiza migraciones masivas cíclicas, según la severidad de las sequías. La ganadería es la actividad económica predominante en ambos lugares. En Belizario la actividad mas importante es la agricultura de secano, la cual es básicamente de subsistencia y en períodos de sequía, es desplazada por la actividad forestal comercial. En Malingas Alto, la agricultura es con riego, parte de la cual se orienta al comercio y es la segunda en importancia; la actividad forestal es de subsistencia.

2. Las Aves de los Algarrobales de Importancia Económica y Cultural

Del total de aves registradas durante el período de investigación, se determinaron 39 especies de importancia económica y cultural, que correspondieron a 9 órdenes y 18 familias, siendo los colúmbidos, los icteridos y los fringílidos los grupos más representados. De este total de aves importantes, 23 especies fueron registradas en Belizario y 36 en Malingas Alto, siendo 20 especies comunes a ambos bosques (Cuadro1).

Estas especies resultaron ser aves recurso en algunos casos y aves perjudiciales en otros. Como **aves recurso** aportaron o tenían la posibilidad de aportar en 9 aspectos distintos de la actividad económica y de la cultura de las poblaciones rurales. Como **aves perjudiciales** dañaron o tenían la posibilidad de dañar como aves plaga de la agricultura y como aves consumidoras de crías (Cuadro 2).

Pero fue en los aspectos de la alimentación, el control de plagas de insectos y el de plagas agrícolas donde se encontró el mayor número de especies. Así, se registraron un total de 8 especies de aves importantes para la **alimentación**, 7 como **controladoras de insectos** y 17 como **aves plaga** (Cuadro 3 y Figs. 2 y 3).

Los bosques de algarrobales ofrecen como hábitats la vegetación natural, en particular el algarrobo, el suelo y las áreas de cultivo.

Cuadro 1. Aves de Importancia Económica en las Areas de Estudio (Febrero 1989-Marzo 1990)

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	MALINGAS		BELISARIO	
			P	A	P	A
TINAMIFORMES	Tinamidae	<i>Crypturellus transfasciatus</i>		X		
		<i>Crypturellus tataupa</i>		X		
CICONIFORMES	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	X			
		<i>Ardeola cocoi</i>	X			
		<i>Ardeola ibis</i>	X			
ANSERIFORMES	Anatidae	<i>Sarkidiornis melanotos</i>		X		
		"pato silvestre"		X		
FALCONIFORMES	Cathartidae	* <i>Coragyps atratus</i> *		X		X
		* <i>Cathartes aura</i> *	X			X
	Accipitridae	* <i>Geranoaetus melanoleucus</i> *	X		X	
		<i>Buteo polyosoma</i>	X			X
		<i>Parabuteo unicinctus</i>	X			
	Falconidae	* <i>Polyborus plancus</i>	X			X
		* <i>Falco sparverius</i>	X		X	
CHARADRIIFORMES	Burhinidae	* <i>Burhinus superciliosus</i>	X			X
COLUMBIFORMES	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>		X		
		* <i>Zenaidura macroura</i>		X		X
		* <i>Zenaidura macroura</i>		X		X
		* <i>Columba cruziana</i>	X		X	
PSITTACIFORMES	Psittacidae	<i>Aratinga erythrogenys</i>		X		
		* <i>Forpus coelestis</i>		X	X	
CUCULIFORMES	Cuculidae	* <i>Crotophaga sulcirostris</i>	X		X	
PASSERIFORMES	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	X			
	Tyrannidae	* <i>Pyrocephalus rubinus</i>				X
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	X			X
	Corvidae	<i>Cyanocorax mystacalis</i>	X			
	Troglodytidae	* <i>Campylorhynchus fasciatus</i>		X	X	
	Mimidae	* <i>Mimus longicaudatus</i>	X			X
	Ploceidae	* <i>Passer domesticus</i>		X	X	
	Icteridae	* <i>Molothrus bonariensis</i>	X		X	
		* <i>Dives warszewici</i>		X	X	
		<i>Icterus griseus</i>		X		
	Fringillidae	* <i>Sturnella bellicosa</i>	X			X
		<i>Thraupis episcopus</i>	X			
		<i>Volatinia jacarina</i>		X		
		* <i>Sporophila spp.</i>	X		X	
		* <i>Sicalis flaveola</i>	X		X	
		<i>Poospiza hispaniolensis</i>				
		<i>Phrygilus alaudinus</i>				X
9	18	39	21	15	11	12
			36		23	

P= Importancia Potencial

A= Importancia Actual

*= Especies de importancia económica

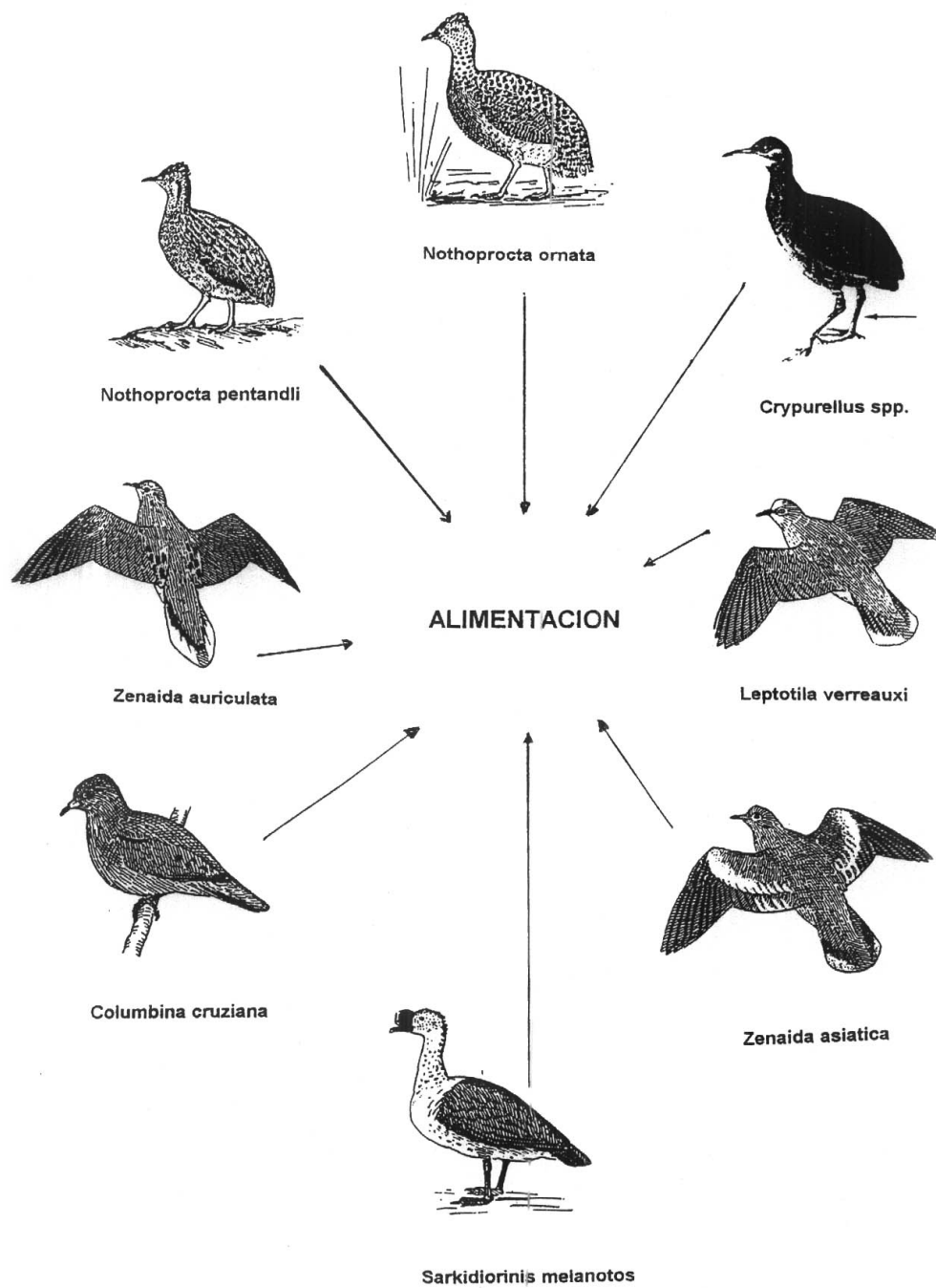
Cuadro 2. Importancia de las Aves de los Algarrobales

TIPO DE IMPORTANCIA		NUMERO DE ESPECIES
AVES RECURSO	Alimentación	8
	Ornamental	5
	Domesticación	3
	Control de plagas	
	➤ De insectos	7
	➤ De roedores	2
	Salubridad	
	➤ Por correñeras	3
	➤ Por insectívoras	7
	Medicina	1
	Mitología	3
	Comercio	6
AVES	Plagas Agrícolas	17
PERJUDICIALES	Consumidoras de crías	5

Cuadro 3. Tipos de Importancia de mayor peso en los Algarrobales

ESPECIES		ALIMENTACIÓN	CONTROL PLAGA DE INSECTOS	AVES PLAGA
<i>Crypturellus transfasciatus</i>	Perdiz grande	X		
<i>Crypturellus tataupa</i>	Perdiz chica	X		
<i>Ardea cocoi</i>	Garza	X		
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma carricera	X		
<i>Zenaida auriculata</i>	Paloma serrana	X		
<i>Zenaida asiática</i>	Ojos azules	X		X
<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita	X		X
<i>Buteo polyosoma</i>	Gavilan		X	X
<i>Polyborus plancus</i>	Guarahuau		X	
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo		X	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Putilla		X	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Abejero		X	
<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	Choqueco		X	
<i>Mimus longicaudatus</i>	Soña		X	
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Pato arrocero	X		X
<i>Artinga erythrogenys</i>	Loro			X
<i>Forpus coelestis</i>	Periquillo			X
<i>Mimus longicaudatus</i>	Soña			X
<i>Molothrus bonariensis</i>	Negro chusco			X
<i>Dives warszewiczi</i>	Negro fino			X
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión			X
<i>Sturnella bellicose</i>	Peché			X
<i>Sporophila spp.</i>	Chihuizos			X
<i>Sicalis flaveola</i>	Canario			X
<i>Phrygilus alaudinus</i>	Chutuque			X

Fig. 2. Aves Recurso de los Algarrobales



(cont.) Fig. 2. Aves Recurso de los Algarrobales

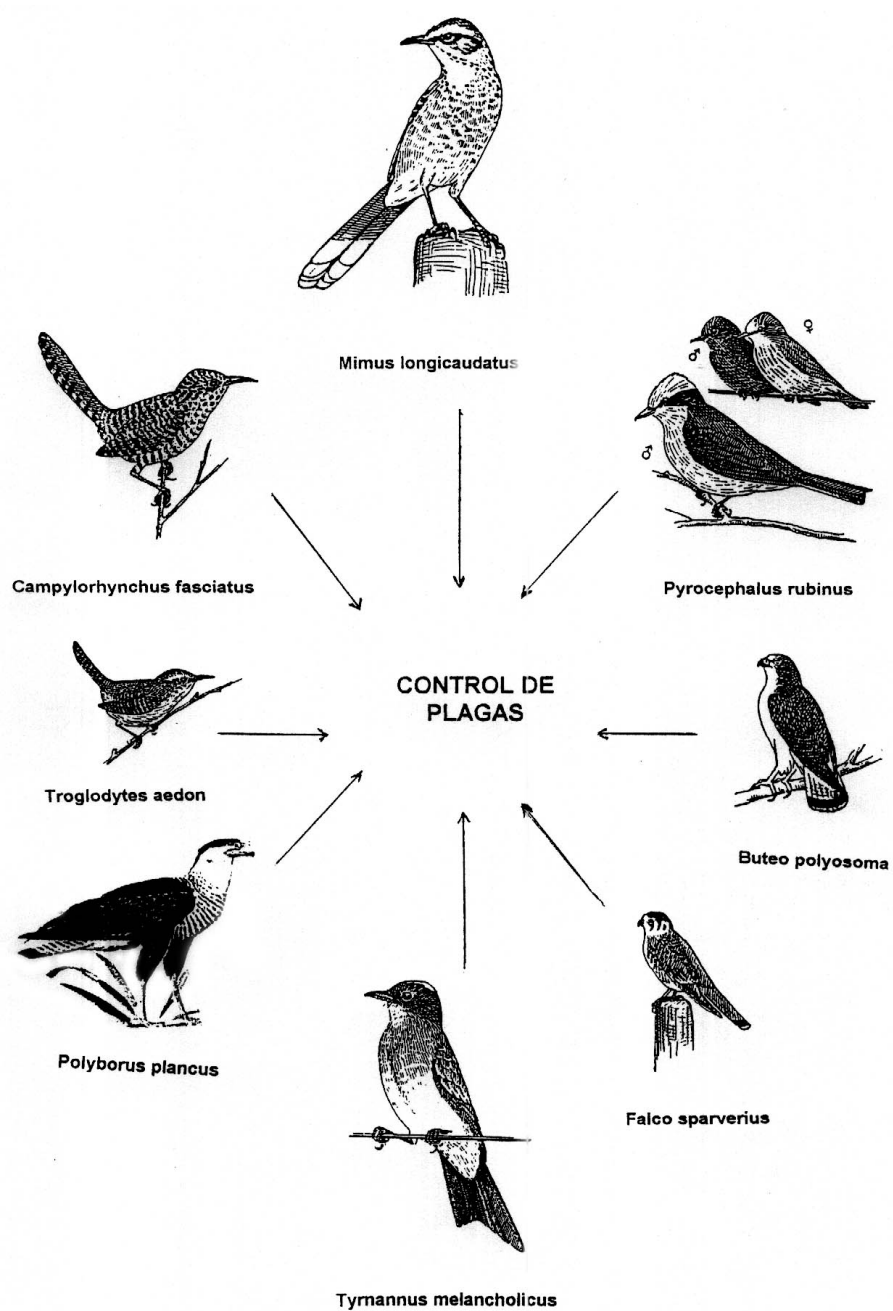
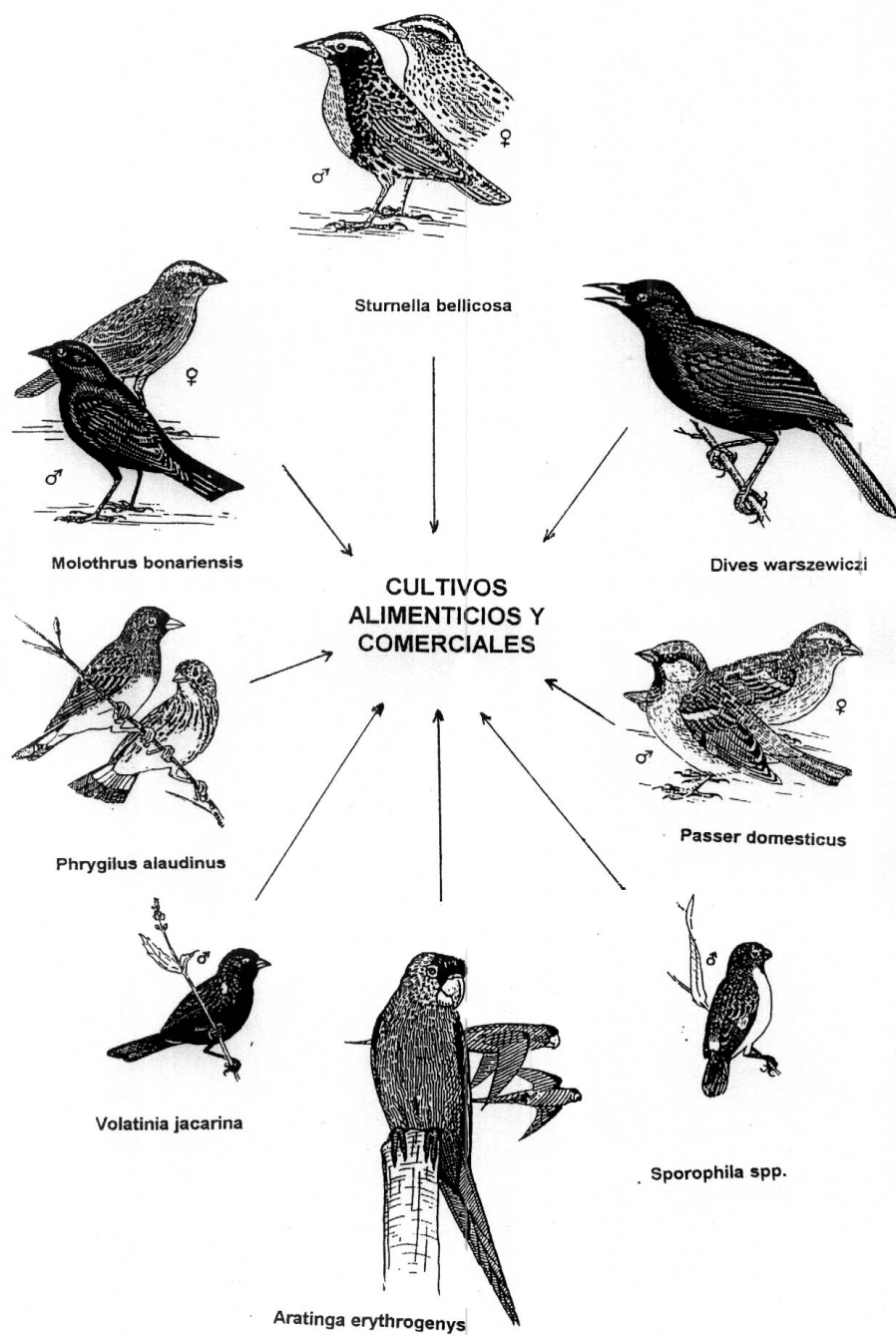


Fig. 3. Aves Plaga de los Algarrobales



El comportamiento del conjunto de la comunidad de aves está regido por la oscilación "año bueno" (de lluvias) - "año malo" (de sequía). En términos generales se observaron tendencias opuestas del comportamiento de las aves en ambos bosques, durante el período anual estudiado. En Belizario se dio una disminución progresiva de la abundancia de la comunidad de aves, así como del número de especies, teniendo la sequía un efecto negativo sobre la abundancia de las mayorías de las especies, a excepción de *Zenaida asiática*; predominaron además de esta especie, el *Mimus longicaudatus* y el *Phrygilus alaudinus*. En Malingas Alto, en cambio, se dio un aumento progresivo de la abundancia de la comunidad de aves y una disminución progresiva del número de especies; si bien la sequía tuvo en efecto negativo sobre las abundancias de algunas especies, sobre otras tuvo en efecto positivo y se observó la predominancia de algunas especies durante la época seca y la sequía, como fue el caso de *Columbina cruziana*, *Sporophila* sp. y *Zenaida auriculata*.

A nivel poblacional, el análisis ecológico se centró en 7 aves recurso de uso actual: *Zenaida asiática*, *Z. auriculata*, *Mimus longicaudatus* (comunes para ambas zonas), *Burhinus superciliaris*, *Pyrocephalus rubinus*, *Tyrannus melancholicus* (sólo en Belizario) e *Icterus graceannae* (sólo en Malingas Alto); y en 5 aves plaga de impacto actual: *Sturnella bellicosa* (común para ambas zonas), *Phrygilus alaudinus* (sólo en Belizario), *Forpus coelestis*, *Molothrus bonariensis* y *Sporophila* spp. (sólo en Malingas Alto). A partir del análisis de esta información es que, posteriormente, se plantearán criterios de manejo de especies consideradas estratégicas para el desarrollo de las poblaciones rurales en cuestión, lo que se expondrá más adelante.

A nivel poblacional, el análisis ecológico se centró en 7 aves recurso de uso actual: *Zenaida asiática*, *Z. auriculata*, *Mimus longicaudatus* (comunes para ambas zonas), *Burhinus superciliaris*, *Pyrocephalus rubinus*, *Tyrannus melancholicus* (sólo en Belizario) e *Icterus graceannae* (sólo en Malingas Alto); y en 5 aves plaga de impacto actual: *Sturnella bellicosa* (común para ambas zonas), *Phrygilus alaudinus* (sólo en Belizario), *Forpus coelestis*, *Molothrus bonariensis* y *Sporophila* spp. (sólo en Malingas Alto). A partir del análisis de esta información es que, posteriormente, se plantearán criterios de manejo de especies consideradas estratégicas para el desarrollo de las poblaciones rurales en cuestión, lo que se expondrá más adelante.

3. La Organización Social de las Poblaciones Rurales

La organización social de la producción del Caserío de Belizario y de la Cooperativa Malingas Alto fueron determinadas del tipo economía familiar comunal, es decir, basadas en unidades familiares asentadas en un territorio colectivo regidas por una organización comunal.

Se identificó que los recursos sometidos a una organización social y control comunal eran la tierra (pastos, bosques, fauna y minerales) y el agua en ambos algarrobales. Asimismo, se puede observar también que en ambos lugares los pastos y los bosques se hallaban bajo un régimen de usufructo colectivo, en tanto que las tierras de cultivo

bajo un régimen privado. Se puede afirmar que tanto Belizario como Malingas Alto tienen una economía de autoconsumo, aunque en el último de los casos se observó un mayor vínculo con el mercado.

La actividad principal tanto en Belizario como en Malingas Alto fue la ganadería extensiva de cabras, pero mientras que en el Caserío ésta se complementó con la venta de leña, en la Cooperativa esto se hizo con la venta de fuerza de trabajo y la agricultura.

Ambas poblaciones rurales presentaron distintos niveles de organización que les permite mantener la cohesión para enfrentar colectivamente la satisfacción de necesidades comunales, como son la asociación de padres de familia, los cargos religiosos, los clubes de madres; así como la defensa de sus recursos a través de las asambleas comunales locales, las rondas campesinas y de las autoridades locales.

El fenómeno de la migración es más acentuado en Belizario, sobre todo cuando se presentan sequías de períodos largos ocurriendo el abandono total del pueblo, pero sólo hasta que pase el período crítico; al final, este algarrobal recupera su población.

Finalmente, en ambos lugares determinados pobladores mostraron un buen conocimiento de su entorno geográfico así como de sus especies faunísticas; debido a esto es que justamente se ha podido preparar un primer listado de los nombres comunes, así como la descripción de los distintos tipos de importancia de las aves registradas y, con ello, poner al descubierto algunos de los muchos aspectos que debe tener el conocimiento local.

4. El Manejo de las Especies que aportan a la Seguridad Alimentaria como Estrategia de Desarrollo

Teniendo como premisa que una alternativa de desarrollo para las poblaciones rurales de los algarrobales, debe ser la búsqueda de la autosuficiencia y de la sostenibilidad, la seguridad alimentaria es la principal estrategia a considerar. El estudio realizado y que hemos expuesto a grandes rasgos, parecen indicar que esta meta puede alcanzarse con los recursos naturales y sociales con los que cuentan estos algarrobales. A continuación, vamos a plantear algunas ideas que pueden tomarse en cuenta, refiriéndose muy específicamente al caso de las aves.

Una de las primeras cosas a considerar es que tanto Belizario, por ser un área natural crítica, y Malingas Alto, área que cuenta con hábitats importantes para la reproducción y desarrollo de las aves de algarrobales, deben ser protegidas tanto por acción de sus pobladores como por una acción más efectiva de las instancias estatales correspondientes. Esta medida será la garantía para **contener el proceso de**

desertificación que vienen sufriendo estos ecosistemas y **recuperar los hábitats** requeridos para la fauna.

En segundo término, teniendo como perspectiva la seguridad alimentaria, por un lado, hay que pensar en especies que puedan **usarse para la alimentación en forma sostenida**, como podrían ser las “palomas” como *Zenaida asiatica*, para Belisario, y *Z. auriculata*, para Malingas Alto, según parece indicar el análisis de sus tasas de crecimiento, así como sus tasas de reproducción (Cuadro 4). Por otro lado, también hay que pensar en mejorar los niveles de producción de cultivos alimenticios, lo que hace necesario ejercer un **control sobre las aves plaga** que, como ya hemos visto, son numerosas especies, sin embargo, parecen requerir mayor atención el “peche” *Sturnella bellicosa* y el “chutuque” *Phrygilus alaudinus*, que afectan el maíz y el frejol, respectivamente, en Belisario, así como el “periquillo” *Forpus coelestis*, que afecta el maíz en Malingas Alto, implementando un plan de manejo integral de sus poblaciones, teniendo en cuenta sus tasas de crecimiento, sus tasas de renovabilidad y la forma como se asocian con los cultivos (Cuadros 5a y 5b). También existe una potencialidad de las aves como **controladoras de plagas**, aunque éste es un tema aún poco explorado.

Finalmente, las **poblaciones rurales juegan un rol central** en todo esto. Lamentablemente, son estos sectores campesinos precisamente los más golpeados no sólo económicamente sino también culturalmente. Sin embargo, no son sino ellos los dueños últimos de estos recursos y sin su actuación protagónica no existe plan de manejo que esté garantizado. En cuanto al factor humano siempre hay mucho que decir, aquí sólo mencionaremos un punto que nos parece clave para empezar: la recuperación de la identidad con su entorno natural y social, y de su capacidad para gestionar su espacio con los recursos: el conocimiento y la tecnología adecuada.

Referencias Bibliográficas

1. **Acosta, M. y Torres, O.** 1984. Morfometría, reproducción y munda de palomas de género *Zenaida* en el Jardín Botánico de Cienfuegos, Cuba. *Ciencias Biológicas*, N°11.
2. **Brack, A.** 1986. La fauna. En: *Gran Geografía del Perú: naturaleza y hombre*. Barcelona, Manfer-Mejía Baca. Vol.3.
3. **Koepcke, M.** 1964. Las aves del departamento de Lima. Lima. 128 p.
4. **Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).** 1976. Mapa ecológico del Perú, guía explicativa. Lima. 146 p.
5. **Peterson, Roger Tory y Chalif, E.** 1973. A field guide to Mexican birds. EE.UU., National Audubon Society.
6. **Robbins, Ch. y otros.** 1983. Birds of North America. New York, Golden Press.
7. **Van Tyne y Berger.** 1976. Fundamentals of ornithology.

Cuadro 4. Índice de Abundancia Relativa (IAR) y Tasa de Crecimiento de Aves de Importancia para la Alimentación

AREAS DE ESTUDIO	<i>Zenaida asiática</i>			<i>Zenaida auriculata</i>		
	IAR (ind/100m)		Tasa de Crecimiento	IAR (ind/100m)		Tasa de Crecimiento
	LLUVIA 89	LLUVIA 90		LLUVIA 89	LLUVIA 90	
BELIZARIO	2.11	5.09	141.2	0.30	0.00	- 100.0
MALINGAS ALTO	4.01	0.86	- 78.5	1.37	9.07	562.0

IAR = individuos por 100 metros (ind/100 m).

AREAS DE ESTUDIO	<i>Zenaida asiática</i>			<i>Zenaida auriculata</i>		
	IAR	Peso (1)	Tasa Renobabilidad (2)	IAR	Peso (1)	Tasa Renobabilidad (2)
BELIZARIO	3.22	150	1 ó 2	0.10	150	1 ó 2
MALINGAS ALTO	1.85			4.43		
Unidades	ind/100m	Gr	huevo/pues	ind/100m	gr	huevo/pues

1. Acosta y Torres, 1984
2. Van Tiñe y Berger, 1976. Fundamentals of ornithology

Cuadro 5a. Aves de Importancia Económica de las Areas de Estudio

AVES PLAGA	CULTIVOS AFECTADOS	
	BELIZARIO	MALINGAS
<i>Sturnella bellicosa</i>	maíz	maíz
<i>Phrygilus alaudinus</i>	frejol	
<i>Forpus coelestis</i>		maíz
<i>Molothrus bonariensis</i>		fruta
<i>Sporophila app.</i>		arroz
<i>Sarkidiornis melanotos</i>		arroz
<i>Aratinga erythrogenys</i>		?

Cuadro 5b. Abundancia Relativa y Tasa Aves de Importancia Económica

AVES PLAGA	IAR (ind./ 100 m)		TASA DE RENOVABILIDAD (Pt huevo/psta.) (1)
	BELIZARIO	MALINGAS	
<i>Sturnella bellicosa</i>	0.50	7.40	2 á 7
<i>Phrygilus alaudinus</i>	9.97		2 á 6
<i>Forpus coelestis</i>		14.33	1 á 12
<i>Molothrus bonariensis</i>		3.16	2 á 7
<i>Sporophila spp.</i>		6.37	2 á 6

Reforestación extensiva con algarrobo (*Prosopis pallida*) en la Región Desértica de Piura, Perú

Luis Albán¹, Mario Matorel¹, Josep Trías¹, Jorge Vera Tudela¹

¹Universidad de Piura. Av. Ramón Mugica 131, Piura – Perú. Tel: 51 74 304308, Fax: 51 74 304308. E-mail: lalban@udep.edu.pe

Resumen

La Universidad de Piura como un aporte a la lucha contra la desertificación, ejecutó entre Octubre de 1994 y Octubre de 1998 el “Programa Piloto de Reforestación Extensiva con Algarrobo (*Prosopis pallida*) en Región Desértica”, factible de llevarse a cabo durante los períodos lluviosos que acompañan al ENSO, en la región noroeste del Perú. El Programa consistió en dos fases; la primera, experimental a pequeña escala, en el campus de la Universidad, en la que se determinaron parámetros como: precipitación mínima de germinación y establecimiento de plántulas, tratamientos de pregerminación para aprovechar eficazmente la precipitación y recubrimiento de semillas para protección contra la intensa radiación solar. La segunda fase, de validación de resultados, se ejecutó en 1,000 hectáreas de desierto, lográndose para años secos (con riego asistido) y lluviosos, un establecimiento de plantas a los 12 meses de la siembra, de 57% y 44% respectivamente. El establecimiento definitivo de las plantas fue influenciado por factores externos, tales como población, cabras, insectos y reptiles. Su tratamiento será discutido en otro artículo; presentándose aquí sólo el aspecto técnico del programa piloto.

Palabras clave: algarrobo, *Prosopis*, reforestación, siembras directas, ENSO

Introducción

El régimen pluviométrico de la región noroeste del Perú, especialmente en la parte del desierto costero, como en Piura por ejemplo, manifiesta un comportamiento muy marcado de años secos, en los cuales las precipitaciones son nulas o pocas, del orden de los 10 milímetros, y de años lluviosos. Los años lluviosos son consecuencia del ENSO y las precipitaciones pueden totalizar entre 100 y 200 milímetros, o en casos extraordinarios, como en los años 1983 y 1998, en más de 2,000 milímetros (Rodríguez *et al*, 1994). Estas lluvias son las que mantienen y

Abstract

As its contribution to combat desertification, Piura University set the "Extensive Reforestation Pilot Program with "algarrobo" (*Prosopis pallida*) in Desertic Region ", feasible to be carried out during the rainy periods that accompany the ENSO, in the northwest region of Peru. The Program consisted in two phases; the first phase consisted in determine minimum precipitation of germination and establishment of plantules, pre germination treatments to take advantage of the precipitation and efficiently recover of seeds for protection against the intense solar radiation. The second phase, of validation of results, was executed in 1,000 hectares of desert, achieving for dry years (with attended watering) and rainy, an establishment of plants of 12 months old (from the sowing time), of 57% and 44% respectively. The definitive establishment of the plants was influenced by external factors, such as population, goats, insects and reptiles. Their treatment will be discussed in another article; presenting here the technical aspect of the program pilot only.

Key words: "algarrobo", *Prosopis*, reforestation, direct sowing, ENSO.

regeneran la vegetación (Tago-Nakazawa and Dillon, 1999) en los denominados bosques secos del noroeste peruano y dado que presentan un comportamiento errático, su aprovechamiento como fuente de agua para programas de reforestación debe ser considerado.

En los últimos 20 años la recurrencia de este fenómeno, en hasta 3 ocasiones, ha permitido un incremento favorable de la cobertura vegetal; sin embargo, y debido a la presión antrópica sobre los bosques, es evidente la disminución de la densidad y superficie del mismo (Quintanilla, 1989). Las técnicas actuales de plantación, no satisfacen eficientemente las demandas de los programas de reforestación (Barriga, 1988; Díaz 1995), por lo que el empleo de metodologías de plantación (o siembra) que requieran menos organización, infraestructura, inversión de capital y que sean capaces de reforestar rápidamente extensas áreas, evidentemente constituyen una valiosa herramienta para el éxito de estos programas.

La siembra directa de semilla constituye una metodología adecuada en casos en los que el factor tiempo es limitante, permitiendo una mayor velocidad de siembra y por tanto de cobertura, en comparación con la siembra de plántones. La siembra aérea, una variante de siembra directa, permite una velocidad y cobertura mucho mayor (National Research Council, 1986), que para el caso que nos ocupa, constituye una gran herramienta en la recuperación de extensas áreas en proceso de desertificación, en los que el uso de mano de obra no sería suficiente.

En las condiciones de aridez, para las cuales se proponen estas siembras, es necesario considerar que la semilla debe ser capaz de germinar con una mínima precipitación, utilizando las precipitaciones posteriores para su establecimiento definitivo. Así mismo, debe tener una adecuada protección contra la alta radiación solar, de manera que se evite una rápida deshidratación de la semilla. El acondicionamiento de la semilla de algarrobo para siembras directas, ha contemplado la utilización de tratamientos pre-siembra usados en semillas comerciales, como son el pregerminado y el recubrimiento (Bewley and Black, 1983; Duran, 1994; Kozłowski *et al* , 1991).

La Universidad de Piura, conciente de estos problemas, ha investigado en su campus, desde 1984, métodos de reposición forestal con algarrobo (*Prosopis pallida*), una leguminosa arbórea multipropósito representativa de los bosques secos del noroeste peruano (Aguirre, 1989; Díaz, 1995). Estas experiencias han servido de base, para el desarrollo del programa piloto, cuya metodología se resume en el presente artículo, la cual multiplicada a otras especies y a ecosistemas similares, contribuirán al aprovechamiento del Fenómeno El Niño en la recuperación y conservación del bosque.

Materiales y Métodos

Las semillas empleadas en el programa, se extrajeron mecánicamente utilizando un molino de martillos (Coronado, 1998; Pasiecznik and Felker, 1992), a partir de frutos colectados al azar de la plantación de algarrobos (*Prosopis pallida*) de la Universidad de Piura, durante los veranos de 1995, 1996, 1997 y 1998. Para la aplicación de los tratamientos de pregerminado y recubrimiento, fue necesaria la implementación de un pequeño laboratorio con los siguientes equipos e instrumentos: 1) Separador densimétrico (LA-K de Westrup, Dinamarca), para la selección de semillas; 2) Mesa Termogradiente (de Seed Processing Holland, Holanda), para la determinación de la temperatura óptima de germinación de la semilla de algarrobo; 3) Tanque de hidratación con temperatura controlada, para la aplicación del tratamiento de pregerminado; y 4) Batch Lab Treater (de Gustafson Inc., Texas, USA) para el recubrimiento de la semilla.

La fase experimental del programa consistió en siete ensayos, realizados en el período comprendido entre el 7 de Marzo de 1995 y el 30 de Setiembre de 1996. Cada uno de los ensayos contribuyó progresivamente al logro de los objetivos propuestos: a) hacer más eficiente el aprovechamiento del agua de lluvia, aumentando la velocidad de germinación de la semilla sometiéndola a un tratamiento de pregerminado y b) superar los efectos de la intensa radiación solar sobre la semilla expuesta en la superficie del suelo, mediante la aplicación de una cubierta artificial sobre la semilla. Para el tratamiento de pregerminado se evaluaron tiempos de hidratación de la semilla entre 6 y 24 horas a diferentes concentraciones de soluciones con etephon y kinetina; y el recubrimiento de las semillas se realizó con material proporcionado por la empresa American Seed and Coating Technology de USA.

El comportamiento de la semilla se evaluó a través de un modelo de simulación de lluvia, obtenido a partir del análisis de los años lluviosos comprendidos entre 1970 y 1995, y que evaluó precipitaciones entre 5 y 45 milímetros. La simulación de la precipitación se efectuó durante las noches, mediante un sistema de riego por aspersión calibrado para simular precipitaciones del orden de 5 a 8 milímetros por hora. La semilla se distribuyó sobre el suelo, simulando una dispersión aérea. El campo experimental estuvo constituido por 60 parcelas divididas de acuerdo al número de tratamientos. Se adoptó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, estudiándose en las parcelas el efecto de la precipitación y en las sub-parcelas el efecto del tratamiento aplicado a la semilla.

Adicionalmente se realizó un ensayo paralelo sobre las herramientas adecuadas para la siembra directa de la semilla, evaluándose siembras realizadas con el pie, palana y el denominado “bastón sembrador”, que consiste en un trozo de madera de aproximadamente 1.5 m. largo, en el que uno de sus extremos tiene forma de cono, de unos 5 cm de altura.

La validación de los resultados obtenidos en la fase experimental, se hizo necesaria para confirmar la viabilidad de la metodología propuesta (siembras directas), en condiciones no controladas; es decir, bajo condiciones naturales tanto para años secos como lluviosos. La fase de validación, se realizó entre Febrero de 1997 y Octubre de 1998, en un área de 1000 hectáreas, seleccionadas en suelos de origen eólico, textura arenosa, sin vegetación arbórea significativa y con la napa freática a profundidad razonable (10 metros). Esta área se ubica en los terrenos adyacentes a los caseríos Paraíso, Chato Grande, Chato Chico, San Antonio, Zona More, Sinchao, Zona Ventura, Letigo, Tallán y Tabanco asentados entre el Km 950 y 960 de la carretera Piura-Chiclayo, aproximadamente a 25 kilómetros al sur de la Ciudad de Piura. Estos diez caseríos, pertenecen tanto a las Comunidades Campesinas de San Juan Bautista de Catacaos como a la de San Martín de Sechura. Tanto las siembras directas como el riego asistido a la plantación durante 1997, se realizó con los pobladores de los caseríos mencionados anteriormente. Así mismo, se trabajó con ellos un programa de educación ambiental sobre la importancia y usos del algarrobo, y se establecieron en cada uno de los caseríos, Comités locales de reforestación encargados de la protección del área reforestada.

Dadas las condiciones meteorológicas del momento, la fase de validación se llevó a cabo en tres etapas, la primera durante el año previo al ENSO 1998 y las dos siguientes durante la ocurrencia de este. La primera etapa de la fase de validación, se realizó entre los meses de Febrero y Diciembre de 1997, sobre una superficie de 200 hectáreas. De acuerdo a la información satelital existente (imágenes GOES) y luego de las precipitaciones del 17 y 18 de Febrero, de 5 y 18 milímetros respectivamente, se procedió a iniciar la siembra. Se adoptó la modalidad de siembra directa, para lo cual se utilizó el “bastón sembrador, con distanciamiento de 20 m x 20 m., en cada uno de los hoyos de siembra se colocaron dos semillas. Problemas en la profundidad de siembra y la interrupción de las lluvias, obligaron a una resiembra entre el 3 y 9 de Marzo. En esta oportunidad, para superar la ausencia de lluvias y lograr el establecimiento de las plántulas, se instalaron los denominados “reservorios individuales de exudación subterránea”, un sistema artesanal de riego consistente en envases plásticos descartables, con capacidad para 3 litros de agua. Estos permitieron una frecuencia de riego de 2 semanas, durante los primeros dos meses; a partir del tercer mes, el riego se aplicó directamente a la planta con una frecuencia de 8 días. Inmediatamente después de la siembra, se colocaron los “protectores forestales”, un sistema de protección confeccionado con envases plásticos descartables y fijados al suelo con un soporte de madera; inicialmente fueron considerados como protección contra las lagartijas (*Dicrodon gutulatum* y *Tropidurus peruvianus*), pero finalmente fueron útiles en la protección de la planta contra el ganado caprino.

La segunda etapa se efectuó entre Enero y Octubre de 1998, en una superficie de 700 hectáreas y durante la ocurrencia del ENSO. Se realizaron siembras directas con el “baston sembrador” con distanciamiento de 10 x 10 m, colocando en cada hoyo de siembra dos semillas pregerminadas. La siembra se realizó entre el 6 y 9 de Enero y en la semana siguiente se procedió a evaluar la emergencia de las plántulas. Debido a la escorrentía pluvial y la erosión eólica, fue necesario hacer una primera resiembra

de las 700 hectáreas, entre el 20 y 30 de Enero; la densidad de siembra fue de 20 m x 20 m. a razón de 2 semillas por golpe; durante esta operación se extremó el cuidado en cuanto a la profundidad de siembra (menos de 5 cm) y se instalaron simultáneamente los “protectores forestales”. En el transcurso de la resiembra se decidió, en 100 hectáreas, colocar semilla pregerminada y remojada 12 horas antes de su siembra, con el fin de descartar posibles problemas de transferencia de humedad del suelo a la semilla pregerminada. Una segunda resiembra se hizo necesaria, adoptando la modalidad de “siembra en corte”, con el doble propósito de evitar la erosión del suelo alrededor del protector y asegurar un mejor nivel de humedad alrededor de la semilla. La “siembra en corte” consiste en realizar un hoyo de aproximadamente 30 cm de profundidad en el fondo del cual se colocan las semillas y posteriormente el protector.

La tercera etapa consistió en una prueba de siembra aérea de semilla pregerminada y recubierta. La prueba se efectuó sobre una superficie de 70 hectáreas (1 km de largo por 0.7 km de ancho), proyectando conseguir una distribución de 1000 píldoras por hectárea. Para conseguir este objetivo, se consideraron los siguientes parámetros: (a) distancia de 20 metros entre las líneas de siembra (35 líneas en total), con lo cual se puede cubrir una extensión de 20 ha en cada vuelo en línea del avión y (b) altura de vuelo del avión entre 15 y 20 metros. La siembra de las 30 hectáreas restantes se efectuó con semilla natural píldorada, con fines comparativos, bajo la modalidad de siembra “al voleo” (simulación de siembra aérea) y en la misma densidad. Los protectores se instalarían una vez establecidas las plántulas, a una densidad de 25 plántulas protegidas por hectárea.

Resultados y discusión

Durante la fase experimental, los primeros cuatro ensayos se dirigieron a obtener el tratamiento de pregerminado adecuado para la semilla de algarrobo y los tres últimos a determinar el efecto de la cubierta protectora sobre la semilla pregerminada. El tratamiento de pregerminado que mejores resultados presentó fue el remojo de la semilla en solución 1ppm de etephon y 500 ppm de kinetina por 24 horas. La semilla se consideró germinada cuando presentó una radícula de 2 mm (Catalán and Machiavelli, 1991; Catalán, 1992; Catalán and Balzarini, 1992; Duran, 1994; Killian, 1988; López y Avilés, 1988; Perez and Moraes, 1990; Perez and Moraes, 1991a; Simabukuro and Perez, 1992; Stubsgaard, 1988; Villagra, 1995). En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con el mejor tratamiento de pregerminado y píldorado, comparado frente a la semilla natural. Los valores de porcentaje de plántulas establecidas a los 7 días de la siembra, son el acumulado diario, durante los 7 días. Estos resultados aparentemente no exitosos, se valoran al considerar las condiciones a las que se encuentra expuesta la semilla sobre la superficie del suelo, las cuales incluyen además de los parámetros meteorológicos, el ataque de hormigas (*Formica rufus*) y lagartijas.

Tabla 1
Resultados en campo experimental.

Tratamiento de la semilla	Semillas Germinadas	Plántulas establecidas a 7 días de la siembra
Natural	0.41%	0.34%
Pregerminada	3.08%	1.38%
Pregerminada y Pildorada	11.70%	4.72%

El ensayo sobre las herramientas adecuadas para la siembra directa, indica que la más adecuada fue el denominado “bastón sembrador”. Con esta modalidad, se obtuvo hasta un 98% de plántulas establecidas frente a un 60% logrado por la semilla natural. Por esta razón, se empleó esta herramienta durante la fase de validación en campo.

Durante la primera etapa de la fase de validación llegó a conseguirse, según evaluación al 30 de abril, una población de 78% de plántulas establecidas. Durante 1997 se realizaron evaluaciones biométricas mensuales. Los resultados de estas evaluaciones indican un promedio mensual de resiembra del 23% y un promedio de plantas vivas del 77%. Sin embargo y a pesar de las medidas de control adoptadas para el cuidado de la plantación establecida, el número de plantas dañadas, principalmente por acción del ganado caprino siempre fue en aumento. En Marzo de 1998, se realizó la última evaluación dentro de las 200 ha. Los resultados indican que a un año de la siembra se ha logrado el establecimiento de un 57% de plantas.

Durante la segunda etapa de la fase de validación, los supuestos en la metodología de siembra directa, encontraron serias dificultades para la siembra en condiciones del Niño (la zona de trabajo acumuló 1232 mm de precipitación). Para superar éstas, fue necesario realizar hasta dos resiembras. La siembra inicial, si bien mostró la ventaja en cuanto a velocidad de siembra (9 ha/día/hombre) revela la necesidad de instalar los “protectores forestales” al momento de depositar la semilla en el suelo. Sin embargo, la extrema fragilidad de estos suelos primarios, que por acción del viento una vez secos tienden a erosionarse alrededor del protector forestal dejando la semilla o plántulas emergidas al descubierto y expuestas al daño de lagartijas y al efecto abrasivo de la arena, hacen necesario dedicar especial atención a la instalación de estos protectores. El remojo de la semilla pregerminada ha permitido superar el problema de la transferencia de humedad del suelo hacia la semilla; sin embargo los resultados obtenidos con la siembra de semilla pregerminada sin remojo, tanto para la siembra superficial (16%) como para la siembra “en corte” (68%), indican la viabilidad de la metodología propuesta. Las evaluaciones de establecimiento de plántulas revelan la reducción en el número de plantas vivas dentro de la plantación. Los resultados de estas evaluaciones muestran a Marzo y a Octubre de 1998, un 84% y 63% de plantas vivas, respectivamente y a Marzo de 1999, 44% de plantas vivas. La altura y diámetro promedio de las plantas al cabo del primer año fue de 45 y 0.50 centímetros respectivamente, debido principalmente al ramoneo producido por el

ganado caprino, en algunas de las plantas los pobladores incrementaron el número de botellas descartables utilizadas como protección y se lograron plantas de 1,5 metros de altura.

Durante la prueba de siembra aérea de semilla pregerminada y pildorada, sólo se consiguió diseminar el 50% del total proyectado de píldoras. La evaluación de la distribución de píldoras en el campo, efectuada el 2 de Febrero de 1998, indicó que el 49% de las píldoras diseminadas se concentraron en el 17% del área total cubierta por el avión (líneas de siembra entre los 160 a 280 m, de 700m de ancho total de vuelo); así mismo, se encontró un 15% de píldoras dañadas por el impacto de su caída sobre el suelo. Las píldoras una vez diseminadas en el campo, recibieron 19 mm de precipitación acumulada en tres días, 2, 2 y 15 mm, respectivamente. La no continuidad de las precipitaciones y la acción voraz de la hormiga fueron determinantes en la pérdida de las semillas germinadas que no lograron establecerse.

Conclusiones

Es posible reforestar zonas desérticas mediante siembras directas de semilla de algarrobo (*Prosopis pallida*), aprovechando las precipitaciones que acompañan al Fenómeno El Niño. La semilla en este caso, deberá acondicionarse para aprovechar eficazmente el recurso pluvial y su siembra deberá estar condicionada a contar con una precipitación mínima acumulada de 25 mm. Esto proporcionará la humedad suficiente en el suelo para que la semilla una vez germinada logre su establecimiento definitivo. La siembra con el “bastón sembrador” a razón de dos semilla por golpe con tres a cinco centímetros de profundidad, utilizando semilla pregerminada y remojada por 12 horas, ha ofrecido al programa los mejores resultados en germinación (84%) y en establecimiento (71%). El remojo de la semilla es un indicativo de la característica de estos suelos inertes que pierden humedad rápidamente y no logran transferirla a la semilla para iniciar el proceso de germinación. La modalidad de siembra “en corte” ha permitido superar esta dificultad al asegurar un horizonte húmedo suficiente para el inicio de la germinación. De otro lado, se considera como fundamental para el establecimiento de las plántulas, su protección. La adecuada instalación de los “protectores forestales”, se hace necesaria para evitar el daño producido por los reptiles y el ganado caprino. Así mismo, permite tener éxito en el control de la erosión eólica.

La viabilidad de la metodología propuesta de reforestación por vía aérea, ha quedado demostrada al lograr un porcentaje de germinación del 28% con 19 mm de precipitación acumulada. Mejoras en el diseño del equipo de distribución del avión se han considerado para lograr uniformizar la dispersión de la semilla pildorada.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento, a la Comisión Europea, al Gobierno Suizo, a la Fundación Du Leman de Suiza y la ONG Belga ACTEC a.s.b.l., por el apoyo financiero brindado para la ejecución del Programa Piloto de Reforestación Extensiva. Así mismo a Guillermo Morales, José Romero, Eduardo Pineda y Julio Calle, por su colaboración en los ensayos de campo y laboratorio.

Referencias Bibliográficas

1. **Aguirre, A.** 1989. Evaluación de dos plantaciones de algarrobo (*Prosopis pallida*) con riego por goteo en las zonas áridas de los departamentos de Piura e Ica. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, Perú.
2. **Barriga, C.** 1988. Revisión y Análisis de la Bibliografía Nacional sobre el Género *Prosopis*. I Parte. López G. (editor). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú.
3. **Bewley, J.D. and Black, M.** 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination, Vol. 2, viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag.
4. **Catalán, L.A. and Machiavelli, R.E.** 1991. Improving germination in *Prosopis flexuosa* D.C. and *Prosopis alba* Griseb. with hot water treatments and sacrifice. Seed Sci. & Technol., 19: 253 – 262.
5. **Catalán, L.A.** 1992. Laboratory germination conditions for seeds of *Prosopis flexuosa* D.C. and *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz. Seed Sci. & Technol., 20: 289 – 292.
6. **Catalán, L.A.; Balzarini, M.** 1992. Improved laboratory germination conditions for several arboreal *Prosopis* species: *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. caldenia* and *P. affinis*. Seed Sci. & Technol., 20: 293 – 298.
7. **Coronado, J.** 1988. Máquina extractora de semillas de algarrobo. *Primer Seminario Nacional del Algarrobo*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Piura, Perú.
8. **Díaz, A.**, 1995. Los Algarrobos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, Perú.
9. **Durán, J.M.; Retamal, N.; Gimenez, T.; Sampaio, N.V.** 1994. Acondicionamiento osmótico y recubrimiento de semillas. XXVI Jornadas de Estudio AIDA: Propagación Vegetal. Zaragoza, España.
10. **Killian, S.E.** 1988. A study on the germinative behavior of the seeds of some *Prosopis* species. In Habit MA and Saavedra JC (editors): The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. Proceedings of the II International Conference on *Prosopis*, Recife, Brazil, 25-29. August 1986. FAO, Plant Production and Protection Division, Rome.
11. **Kozlowski, T.T.; Kramer, P.J; Pallardy, S.G.** 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.

12. **López, J.; Avilés, B.** 1988. Germination improvement treatments for seeds of four Chilean *Prosopis* species. In Habit MA and Saavedra JC (editors): The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. Proceedings of the II International Conference on *Prosopis*, Recife, Brazil, 25-29. August 1986. FAO, Plant Production and Protection Division, Rome.
13. **National Research Council.** 1986. Sowing Forest from the Air. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation, Board on Science and Technology for International Development. National Academy Press, 3th. Printing. Washington, D.C. USA.
14. **Pasiecznik, N.; Felker, P.;** 1992. Mechanical Cleaning of *Prosopis* seed. Nitrogen Fixing Tree Res. Reports Vol. 10.
15. **Perez, S. C. J. G. A. and Moraes, J. A. P. V.** 1990. Influências da temperatura, da interação temperatura-giberelina e do stresse térmico na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. Rev. Bras. Fisiol. Vegetal, 2(1): 41 – 53.
16. **Perez, S. C. J. G. A. and Moraes, J. A. P. V.** (1991a). Influência do estresse hídrico e do pH no proceso germinativo da algarobeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 26, 981-988.
17. **Quintanilla, V.G.** 1989. Antecedentes sobre la desertificación en Chile, Perú y Ecuador. En Roig F. (Editor): Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano de Detección y Control de la Desertificación. Mendoza, Argentina, 1-25 Octubre 1987. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya.
18. **Simabukuro, E. A. and Perez, S. C. J. G. A.** 1992. Efeito do pré-tratamento osmótico e do ácido 3-indolil acético na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. Revista Ceres, 39(222): 177 – 188.
19. **Rodríguez, R.; Mabres, A. y Chero, J.** 1994. El Fenómeno “El Niño” y su influencia en la biodiversidad. Anales del Simposio Biodiversidad y Desarrollo del Norte del Perú. Arnaldoa Vol. II (1): 129 - 144
20. **Tago-Nakazawa M. and Dillon, M. O.** 1999. Biogeografía y evolución del Clado *Nolana* (Nolaneae-Solanaceae). Arnaldoa 6(2): 81 – 116.
21. **Stubsgaard, F.** 1988. Pretreatment of Acacia and *Prosopis* seed by two mechanical methods. In Habit MA and Saavedra JC (editors): The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. Proceedings of the II International Conference on *Prosopis*, Recife, Brazil, 25-29. August 1986. FAO, Plant Production and Protection Division, Rome.
22. **Villagra, P.E.;** 1995. Temperature effects on germination of *Prosopis argentina* and *P. Alpataco* (Fabaceae, Mimosoideae). Seed Sci. & Technol., 23: 639-646.

Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de *Prosopis pallida* en condiciones naturales del evento “El Niño” en la costa árida del Norte del Perú (Mórrope, Lambayeque)

Aníbal Calderón Vargas¹

¹ INRENA-Proyecto Algarrobo. Urbanización San Eduardo C-3 El Chipe – Piura. Tel.: 51 74 305065. Fax: 51 74 309195. Apartado Postal: 083. E-mail: proyvalgar@wayna.rcp.net.pe
Web: <http://www.proyectoalgarrobo.org.pe>

Resumen

El presente trabajo se efectuó en las pampas de la Comunidad de Mórrope, en la provincia de Lambayeque, en marzo de 1998, con el objeto de evaluar el efecto de cuatro profundidades de siembra sobre el porcentaje de germinación de las semillas de algarrobo (*Prosopis pallida*) en condiciones naturales del fenómeno “El Niño”. Después de la siembra se hicieron evaluaciones del número de semillas germinadas cada dos días durante los primeros diez días. Luego, cada semana durante 40 días. Las profundidades de siembra que se estudiaron fueron: 0.0 cm (siembra superficial), 0.5 cm, 2.0 cm y 5.0 cm. Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Se encontró que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo cuando las siembras se hicieron a 2 cm de profundidad, con un 57%; mientras que el menor porcentaje se obtuvo cuando las siembras fueron superficiales, obteniéndose solo un 4.62%. Se concluye que la profundidad de la siembra afecta la germinación de las semillas de *Prosopis pallida*.

Palabras clave: *Prosopis pallida*, germinación, “El Niño”, Lambayeque.

Abstract

The aim of this study was to assess the effect of four different seeding depths on germination percentage of carob tree (*Prosopis pallida*) seeds in the natural conditions of “El Niño”. It was performed in the pampas of rural community of Morrope, at Lambayeque, Peru in March 1988. After the seeding, we assessed the number of germinated seeds every two days in the first ten days. Then, the assessments were made every week for 40 days. The four different seeding depths of the study were: 0.0 cm (superficial seeding), 0.5 cm, 2.0 cm and 5.0 cm. Statistical analysis included a Randomized Complete Blocks design, with four treatments and five repetitions. We found that the greater percentage of germination (57%) was obtained with a 2.0 cm seeding depth, while the lower (4.6%) was obtained with a superficial seeding. We concluded that the depth of seeding affects germination of *Prosopis pallida* seeds.

Key words: *Prosopis pallida*, germination, “El Niño”, Lambayeque.

Introducción

El conocimiento de la profundidad adecuada de siembra es de vital importancia en los programas de desarrollo agrícola, ya que permitirá mejorar el porcentaje de germinación de las semillas, con el consiguiente ahorro de tiempo, semillas, esfuerzo y recursos económicos, por un lado, y la uniformidad en el tamaño de las plántulas, por otro.

El presente trabajo se realizó en 1998, bajo las condiciones particulares del fenómeno “El Niño”, sin riego artificial, como un paso previo a la ejecución de los planes de reforestación de los bosques secos norteños del Perú.

El presente trabajo tiene como principal objetivo evaluar el efecto de cuatro profundidades de siembra sobre el porcentaje de germinación de las semillas del algarrobo (*Prosopis pallida*) en las pampas de Morrope. Asimismo, pretende determinar el estado sanitario y de sobrevivencia de las plántulas expuestas a las mismas condiciones de la siembra.

Germinación

Uno de los factores ambientales que influye más notoriamente en la velocidad o ritmo de crecimiento de las plantas es la temperatura, tal como se ha demostrado en estudios realizados en el maíz y en otros cultivos (1,2).

La germinación también puede ser afectada por el incremento de la concentración de sales en el suelo, ya que su efecto tóxico retarda o inhibe la emergencia. Siendo la germinación de la semilla uno de los factores para el éxito de las cosechas, el proceso es afectado por los suelos salinos, puesto que la salinidad constituye una de las causas adversas para la normal germinación y crecimiento de las plantas (2).

Daniel et al han indicado que, después de la etapa de suculencia, el hipocótilo de la plántula se endurece, encontrándose relativamente a salvo de las injurias hasta ahora estudiadas. Sin embargo, la pueden dañar o matar varios factores, como la sequía, la falta de luz suficiente, las heladas, la sofocación por la caída de las hojas, los ataques de los insectos, las enfermedades y el fuego. Estos autores refieren también que hay dos tipos de germinación: hipogea y epígea. En la germinación hipogea, que es típica de ciertas angiospermas como *Quercus*, *Juglans*, *Aesculus* y *Torreya*, los cotiledones permanecen enterrados y se mantienen dentro de la cubierta de la semilla; luego, el crecimiento inicial del epicotilo da lugar a la formación del tallo y de las hojas primarias. En cambio, en la germinación epígea, propia de la mayoría de las coníferas, los cotiledones en desarrollo "levantan" la semilla por encima del suelo, se convierten en estructuras fotosintéticas iniciales y, luego, dejan caer la cubierta de la semilla al suelo. El

algarrobo y la mayoría de las especies de los bosques secos presentan este tipo de germinación.

Procesos fisiológicos asociados con la germinación

La germinación de las semillas incluye los siguientes procesos fisiológicos:

1. Se produce absorción de agua, principalmente por imbibición.
2. Comienza el alargamiento y la división celular.
3. Se activan las enzimas.
4. Los carbohidratos insolubles, el almidón, los lípidos y las proteínas se hidrolizan para dar origen a sustancias químicas simples, solubles en agua, que se translocan del endospermo al embrión.
5. Las tasas de respiración aumentan rápidamente y la energía liberada se utiliza para el crecimiento y el desprendimiento de calor.
6. Tiene lugar un incremento en la elongación y la división celulares.
7. Se produce una rápida pérdida de peso.
8. Comienza la diferenciación de las células para dar origen a los distintos tejidos y estructuras de la plántula.
9. La germinación está esencialmente completa, cuando la plántula cuenta con suficiente superficie fotosintética para satisfacer sus propias necesidades de carbohidratos.

Factores externos que influyen en la germinación

La semilla madura solo puede germinar cuando las condiciones externas son favorables. Las condiciones más importantes son:

Agua. Una cantidad abundante de agua es un requisito de primordial importancia, debido a que es necesaria para debilitar la cubierta, hidrolizar las sustancias de reserva. El agua eleva también el contenido de humedad de las semillas de las coníferas, desde alrededor del 10% cuando se dispersan, hasta el 45%, que es el valor necesario para que la germinación pueda comenzar.

Oxígeno. La intensa respiración de las semillas sometidas a una respiración intensa requiere de una dotación abundante de oxígeno. Por lo general, este gas es fácilmente disponible, pero su cantidad puede ser una limitación cuando la semilla esta:

- sumergida en aguas estancadas.
- profundamente enterrada.e
- en un suelo excesivamente fertilizado, que produce grandes cantidades de CO₂.

Los requerimientos de oxígeno varían mucho, pero en general, los problemas surgen en los suelos de baja porosidad y baja humedad.

Materiales y Métodos

Localización experimental

El presente trabajo de investigación se efectuó en las pampas de la Comunidad Campesina de Mórrope, ubicada en la provincia y departamento de Lambayeque, a 20 msnm, Los suelos de las pampas de Mórrope son arenosos, de origen aluvial y fluvial, y de superficie plana, con una pendiente de 2°.

Climatología

La temperatura media, observada durante el experimento, varió de 30°C a 32°C, que son valores altos para otros cultivos.

La precipitación observada en los 10 días que duró el experimento fue de 120 mm siendo el segundo día el de la máxima precipitación, con un valor de 70 mm.

Suelos

La textura de los suelos del campo experimental fue arenosa. La salinidad fue de 6 a 7 mmhos, que corresponde a valores relativamente altos para la mayoría de las plantas cultivadas. La vegetación del lugar fue a predominio de gramíneas y suravilla, por la ocurrencia del fenómeno de “El Niño”.

Conducción experimental

Para la conducción del presente trabajo de investigación se ubicó una parcela representativa del lugar, sin alterar las condiciones naturales. Se delimitó un campo 5 m de largo por 1.50 m de anchura; luego, se subdividió al campo en cinco bloques en donde se realizó la siembra en cuatro profundidades distintas, utilizando 25 semillas por cada tratamiento.

Evaluaciones

Después de la siembra se evaluó el número de semillas germinadas cada dos días, durante los primeros diez días. Posteriormente, se hicieron evaluaciones semanales durante tres semanas. Cabe señalar que se contó con un pluviómetro portátil para medir, diariamente, las precipitaciones.

Variables

La variable que estudió presente trabajo fue la profundidad de la siembra de la semilla de *Prosopis pallida*. De esta manera, se evaluó la germinación de las semillas cuando fue sembrada en cuatro profundidades distintas.

- **T1:** 0.0 cm de profundidad, o siembra superficial. Cuando el sembrador no se agacha para colocar la semilla y ésta cae fuera del hoyo.
- **T2:** 0.5 cm de profundidad. Cuando no utiliza ninguna herramienta para efectuar la siembra.
- **T3:** 2.0 cm de profundidad. Cuando se utiliza un sembrador de madera.
- **T4:** 5.0 cm de profundidad. Cuando se utiliza un machete y una palana.

Análisis estadístico

Se hizo un análisis de la varianza, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones según el modelo aditivo lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}	= Una observación cualquiera
μ	= Efecto de la media general
B_i	= Efecto del block i ésimo
T_j	= Efecto del tratamiento j ésimo
E_{ij}	= Efecto aleatorio del error

Antes de ser analizados, los datos fueron transformados, ya sea a la raíz cuadrada si los números fueron en contadas, o al arcoseno $\sqrt{x}$ si los datos estuvieron en porcentajes. Estas transformaciones se efectuaron para que los datos tuvieran una distribución normal, que es necesaria para el análisis de la varianza.

Resultados y Discusión

Porcentaje de germinación

El análisis de varianza, para el número de semillas germinadas, mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos, indicando un comportamiento heterogéneo en las diferentes profundidades de siembra. Mientras que para los bloques no se encontró diferencias significativas, lo que demostró que el suelo fue homogéneo (Cuadro 1A).

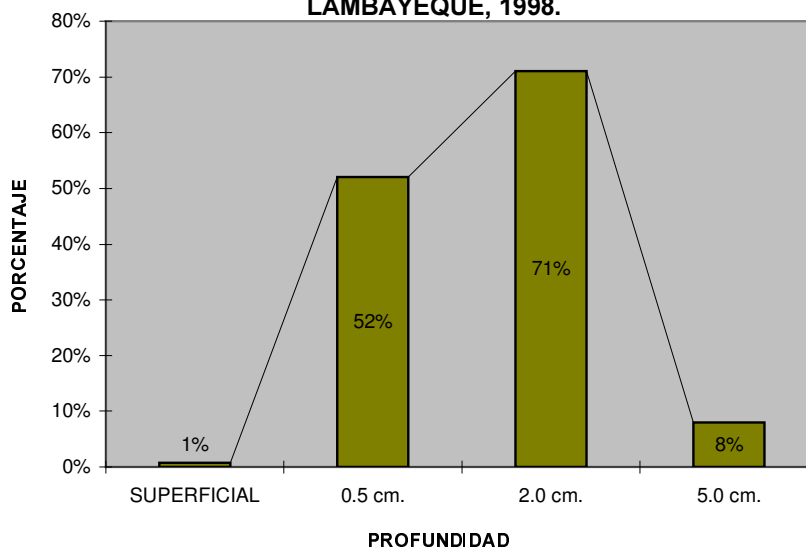
La prueba discriminatoria de Tukey (0.05) encontró que el mayor número de semillas germinadas se logró en las profundidades de 2.0 y 0.5 cm, con valores de 17.8 y 13.0 semillas germinadas, respectivamente. Este resultado es estadísticamente superior al que se obtuvo en las parcelas sembradas a 5 cm y a la siembra superficial, entre las cuales no hubo diferencias estadísticas significativas. Los altos valores de plantas no germinadas cuando la profundidad de la siembra fue de 5 cm se atribuyen a que las plántulas deben realizar un gran esfuerzo para salir a la superficie, más aun sabiendo que su germinación es de tipo epígea y que los cotiledones deben ejercer una fuerte presión sobre el suelo. Esto origina que se consuman todas las reservas de la semilla antes de que logre salir; además, sus estructuras están expuestas por mayor tiempo a las sales del suelo, que perjudican a la semilla. En el caso de la siembra superficial, la ausencia de una capa de suelo que las proteja, causa la desecación de las semillas germinadas por la fuerte insolación y por no estar toda la superficie de la semilla en contacto con el suelo húmedo. Por esta razón, los métodos de siembra deben considerar la profundidad para lograr altos porcentajes de germinación (Cuadro 1, Gráfico 1).

Cuadro 1. Número de semillas germinadas de *Prosopis pallida* en cuatro profundidades de siembra. Lambayeque, 1998.

Profundidad	Semillas germinadas	Significancia
2.0 cm	17.80	a
0.5 cm	13.00	a
5.0 cm	2.00	c
0.0 cm	0.20	c

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 8.30 \\ \text{ALS(T)} &= 3.584\end{aligned}$$

Gráfico 1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN SEGÚN LA PROFUNDIDAD DE LA SIEMBRA. LAMBAYEQUE, 1998.



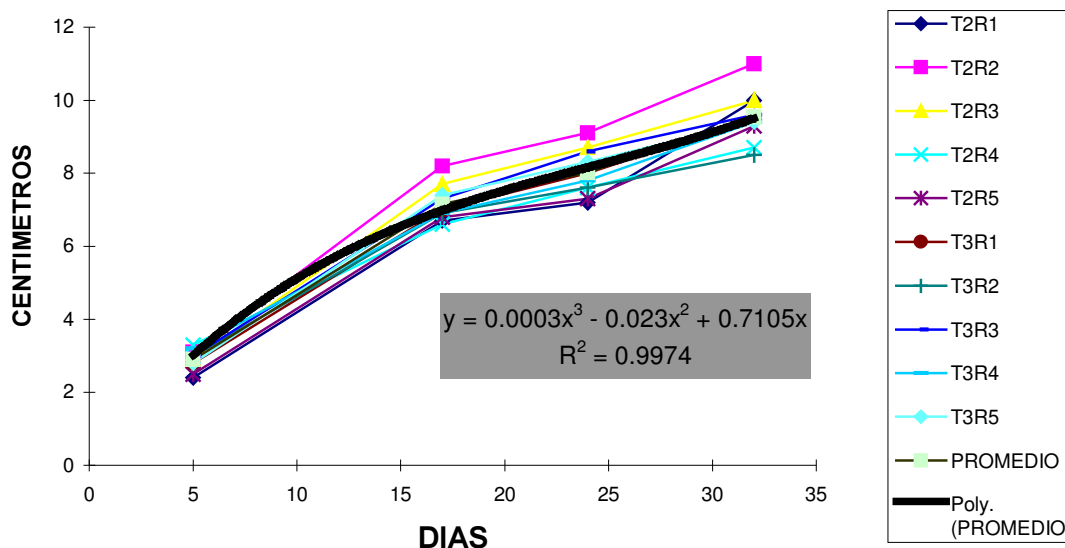
Crecimiento de las plantas

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las alturas de las plantas en los tratamientos T2 y T3, a los 5, 17, 24 y 32 días de la evaluación. Estos valores promedio muestran una desviación estándar y un coeficiente de variabilidad muy bajos, lo que indica una homogeneidad en la información de las alturas (Cuadro 2, Gráfico 2).

Cuadro 2. Altura de las plantas evaluadas. Lambayeque, 1998.

CODIGO	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA			
	5	17	24	32
T2R1	2.4	6.7	7.2	10
T2R2	3.1	8.2	9.1	11
T2R3	2.9	7.7	8.7	10
T2R4	3.3	6.6	7.6	8.7
T2R5	2.5	6.8	7.3	9.3
T3R1	2.8	7	8	9.5
T3R2	3	6.9	7.6	8.5
T3R3	3	7.3	8.6	9.6
T3R4	3.2	6.9	7.8	9.4
T3R5	2.8	7.4	8.3	9.4
PROMEDIO	2.9	7.15	8.02	9.54
S	0.272	0.476	0.603	0.667
C.V	9%	7%	8%	7%

Gráfico 2. RITMO DE CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS



Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se condujo el presente trabajo, los materiales considerados, los objetivos propuestos y los resultados encontrados se concluye lo siguiente:

Hubo un efecto significativo de la profundidad de siembra sobre el porcentaje de germinación. Se encontró que el mayor porcentaje de germinación (71 %) se obtuvo cuando las siembras se hicieron a 2 cm de profundidad, mientras que el menor porcentaje (0.8%) se obtuvo cuando las siembras fueron superficiales. Cuando la profundidad de la siembra fue de 5 cm, la germinación de las semillas fue del 8 %. La siembra superficial presentó el menor porcentaje de germinación.

No hubo diferencias estadísticamente significativas del crecimiento entre los tratamientos T2 y T3, siendo el modelo que mejor lo representa una ecuación de tercer grado:

$$y = 0.003x^3 - 0.023x^2 + 0.7105x$$

con un coeficiente de determinación de $r^2 = 99.74 \%$, lo que indica que los incrementos de la altura de la planta no son constantes en el tiempo, seguramente por estar influenciada por los periodos de lluvia.

Referencias Bibliográficas

1. **Ayers A.D, et al.** 1983. Seed germination as affected by soil moisture and salinite. Agron Journ 1983; 44:82-84.
2. **Azzi G.** 1950. Ecología agrícola. Barcelona: Editorial Salvat..
3. **Bernal G.** 1971. Estudio del efecto de la salinidad sobre la germinación del arroz, el maíz y el sorgo forrajero. [Tesis de Ingeniero Agrónomo] Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
4. **Daniel T, Helms JA, Backer FS.** 1982. Principios de Silvicultura. 1ª edición. Editorial McGraw-Hill.

Apéndice

Cuadro 1A. Análisis de varianza para número de semillas germinadas.

F. de V. FT0.01	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Sign	Ft0.05
Repeticiones 5.41	4	0.408	0.102	0.664	NS	3.26
Tratamientos 5.95	3	52.445	17.482	113.902	**	3.49
Error	12	1.842	0.153			
CV = 22.99%						
DLS(T)0.05= 3.584						

Propuesta de Ordenamiento Físico de una Unidad Comunal de Producción ubicada en las zonas áridas de la Costa Norte del Perú (dist. Castilla, Piura, Perú)

Lorena Nolte¹

¹ Consultora en Diseño Rural. E-mail: lorenanolte@yahoo.es Tel.: 4617630

Resumen

El presente artículo tiene por objeto mostrar la interacción del hombre con la naturaleza, es decir con su medio; y es a partir del entendimiento de ese rol, que se generan una dinámica de propuestas y alternativas de desarrollo que la Arq. Lorena Nolte describe y desarrolla acertadamente. La experiencia que describe la Arq. Nolte, nace como un intento de cubrir necesidades vitales para el poblador, pero el aporte sustancial no consiste en relocalizar a una población entera, el aporte es desarrollar una sociedad o comunidad sostenible a partir de actividades productivas que interrelacionan al hombre con la naturaleza, proveyendo de insumos naturales para que ellos lo conviertan en productos con valor comercial. Realizado en la zona de Castilla en Piura, el proyecto describe un modo de hacer arquitectura y crear ciudad tomando como referentes a los antepasados que poblaron esos valles costeros, los descendientes de la cultura Moche. Así pues estos antepasados conocían perfectamente cómo lidiar con el evento de “El Niño”, es así que construían sus viviendas aprovechando las lomas o lugares más altos del valle, dejando las zonas bajas para la agricultura. Ellos sabían perfectamente que durante este evento, los campos se inundan, por lo que siguiendo esa lógica simple elegían y construían su lugar de residencia. El estudio incluye los procesos a los que el equipo de la Arq. Nolte llegó a realizar y estudiar con el fin de proponer argumentos que hagan ver a los pobladores que la solución para ellos era la reubicación. El factor ambiental es un factor importante para la construcción de las viviendas que conformarían este proyecto, los criterios de diseño ambiental como horas de asoleamiento, conducción térmica de los materiales y estudios de viento completan la información.

Palabras clave: arquitectura en zonas áridas, “El Niño”, Piura.

Abstract

This article is based in the interaction between the man and his environment; that's why since he can understand the importance of this aspect. This is the start point of the main propose that Architect Lorena Nolte describes perfectly. The experience of the author is born as an intention of covering the population needs, but the main propose is not consider to relocate the whole population of Castilla, the main propose will consist in developping a sustainable community taking the begining point of productive activities that can make human being and nature interrelate, taking from the nature the prime materia that allow man development. The project location is Castilla – Piura, and it describes how to make architecture and build a city taking historical references, mainly from Moche Culture. In terms of knowing past civilizations, is important to say that Moche's knew the “El Niño” events, as natural events that bring it up high levels of rain, floods and destruction, that's why they began to built their houses in the top of the land of the valley so they left the bottom to the Niño's effect. Other aspect is the one referred to productive activities that are the economic base that can make the project viable. In other words, the whole community can live in the relocation area without leaving it. Finally, environmental aspect is the fact that can be shown as a final item in the article, mainly , because in the housing construction people will use all materials that nature can provide; concept in heat transmission in the walls, studies of wind, complete the information.

Key words: Architecture in Arid Lands, “El Niño”, Piura.

La Necesidad

Hasta hace unos años se afirmaba que tantas personas que dependen del valle pero que están en tierras marginales, usando aguas agrícolas residuales (drenes), no pueden lograr niveles mínimos de productividad. Ello limita severamente sus posibilidades desarrollo.

Sin embargo los habitantes de la comunidad de Castilla desarrollan nuevas oportunidades de ocupación y generación de ingreso a partir de un bosque profundamente renovado por cambios sustantivos en el clima y la ecología de Piura.

Este se encuentra ocupando la mayor parte de las tierras comunales, después de las presentaciones del Fenómeno El Niño (FEN) más intensas y frecuentes. Ese bosque está en condiciones de sostener una actividad productiva basada en la algarroba, el “puño”, los pastos naturales y las flores melíferas. Así, es posible realizar actividades de recolección de algarroba para su uso como alimento para el ganado, para la venta directa o para su transformación (sucedáneo del café, polvo soluble, algarrobina, etc.); es posible instalar apiarios, desarrollar el turismo en las zonas próximas a las ciudades, etc.



Fig.1. Algarrobo y columna se funden en un elemento, de lo que se trata es proveer viviendas saludables en entorno sostenible

Sin embargo, todas esas actividades no se pueden hacer “a distancia” desde las ciudades, sino que es preciso que las familias que cuentan con ese recurso se instalen y habiten en sus inmediaciones. Por eso se concibió la idea de proponer asentamientos agrosilvopastoriles que cuenten con las facilidades básicas y un entorno social adecuado para el bienestar de grupos de familias con recursos e intereses comunes, suficientemente vinculados a los centros principales de abastecimiento de bienes y servicios.



Fig.2 Los pobladores aun no conocen el significado de desarrollo. Su vida es vivir el presente.

Fue necesario revisar los conceptos de diseño de los asentamientos, considerando las particularidades del relieve de los suelos, las características climáticas (alternancia de extremos de sequía y lluvias muy intensas), los materiales disponibles, etc. Se evitaría así las pérdidas de vidas humanas y patrimonios por la inadecuada ubicación de las viviendas, los caminos y diversas infraestructura social y productiva.

El Análisis

En la historia podemos ver que una de las culturas que se desarrolló en la zona y sobre la cual se tiene mas conocimiento, es la cultura Tallán. Ya entonces existía la agricultura y la domesticación de animales para mantener sus alimentos por períodos largos.

Gracias a la agricultura, se pudieron desarrollar las artesanías, empezando el intercambio de sus productos. Restos ejemplares fueron descubiertos en la localidad de Frías; en el complejo cerámico de Ayabaca. Ahora se les denomina Vicús, en razón al cerro de ese nombre situado cerca de Chulucanas.

Los grupos sociales que se formaron en esta época y que luego dieron origen al Estado, tenían como base de su organización al Ayllu (familia), cada uno poseía un territorio destinado que sumados se convertía en una Marka (territorio común).

Los Runas lograron niveles superiores de cultura, superando la escasez y posibilitando el bienestar de una población numerosa, mediante las Faenas. Además de los pastos comunes a todos, cada Ayllu disponía de un Tupu, produciéndose así la repartición de tierras que cada familia necesitaba, mas no se hacía de manera individual.

Al extenderse la conquista de Tupac Yupanque al Norte se sometió a los Ayahuancas y los Huancapampas (hoy provincia de Ayabaca y Huancabamba), convirtiéndolas en provincias progresistas dedicadas a la agricultura. Los Incas confiscaron las mejores tierras. Tenían como base de trabajo la Mita y el cultivo de nuevas tierras del Estado por los Yanacunas. Se produjo así el arrebatamiento de tierras y desplazamiento de poblaciones, modificándose la división de los Tupus y siendo el Ayllu el sustento biológico y de organización Imperial.

Con la llegada de los españoles se quebrantó la base agropastoril del Imperio, pues solo les interesaba la explotación de las minas, se quebrantó así el sistema social. Se formaron las comunidades indígenas con los Runas dispersos y las haciendas españolas, comenzando el problema de la apropiación de tierras comunales. En 1542 los habitantes de Sechura, Catacaos, Olmos y Colán se ven obligados a comprar sus propias tierras al virrey Vaca de Castro. Desde entonces la historia ha sido una repetición de usurpaciones y “recuperaciones” de tierras.

La colonización bajo el modelo de Unidad Comunal de Producción se volvió un hecho espontáneo de grupos de campesinos con necesidades comunes: mejorar el nivel económico, considerar actividades afines como posibilidad de desarrollo, enfrentar la irregularidad del clima entre otras.

A través de la historia también se han podido apreciar elementos arquitectónicos y constructivos que muestra como el hombre ha ido solucionando su problema de confort en su vivienda, por ejemplo:

- Dentro de los patrones de vivienda de la cultura Moche se puede distinguir una ventilación cruzada con ventanas altas, así se elimina la humedad ambiental interior.
- Las viviendas están orientadas diagonalmente de espaldas los vientos húmedos que vienen del mar (Sur Este).
- El ingreso principal es por el Norte mediante un vestíbulo o “ramada”, evitando vientos huracanados sin impedir la ventilación; en este espacio de uso diurno se realizaban actividades grupales como comer o recibir visitas.
- La vivienda presenta un umbral a nivel 0, que impide el ingreso de animales, viento y arena por las noches.
- Los muros eran de quincha hechos con caña de totora enlucidos con gruesas capas de barro y arena fina (materiales locales)
- Las ventanas eran altas y pequeñas debido a la forma caprichosa de la quincha.
- Se utilizaban poyos los cuales funcionaban como refuerzo de la cimentación y como sobrecimiento del muro, además protegen de la humedad del suelo y el frío nocturno (por su retraso térmico). Entre espacios se usan como asientos, muebles de cocina, camas.etc.
- Presentaban techos inclinados, rechazando por la mañana la penetración solar debido a la superficie oblicua, además en este tipo de superficies la condensación del calor es menor.
- En las casa señoriales se usaban teatinas, ventilación por celocías.
- Los colores eran entres ocre y crema.

Las experiencias internacionales similares más destacables son las Israelitas, el Kibbutz y el Moshav. Se trata de dos formas de asentamiento agrícola, los cuales cumplen con la igualdad social, la cooperación y la ayuda mutua en las comunidades rurales.

- El Kibbutz es una comunidad en la que los medios de producción son propiedad común y el trabajo de cada miembro beneficia a todos. La mayoría están diseñados de acuerdo a un plan similar que incluye a un área habitacional, situada en torno de jardines, es decir las casas de los adultos, las casa de los niños con zonas de juego para cada edad, instalaciones recreativas y culturales y diversos servicios comunitarios. Junto a ella se encuentra el establo y los modernos gallineros, además de una o mas plantas industriales. Los campos agrícolas, los huertos y las piscinas se ubican en las afueras. Para trasladarse dentro del Kibbutz, las personas lo hacen a pié o en bicicleta. A los ancianos o inválidos les facilitan unos vehículos con motor eléctrico. Un Kibbutz funciona democráticamente. La asamblea general de sus miembros formula la política, elige los funcionarios, aprueba la admisión de nuevos miembros y autoriza el presupuesto. Sirve no solo como ente de toma de decisiones sino también como foro en el que los miembros pueden expresar sus opiniones. Los asuntos cotidianos son tratados por comisiones electas. La mas alta posición interna está representada por el secretario del Kibbutz. Con respecto al trabajo, los miembros son designados para cumplir sus funciones, según sus capacidades, por diversos períodos de tiempo y las tareas rutinarias, como el trabajo de cocina y comedor se realizan por turnos. Cada rama económica es dirigida por un administrador elegido que es reemplazado cada dos a tres años. Este también es responsable de implementar los planes de producción e inversión.
- El Moshav se caracteriza por ser una comunidad o poblado agrícola que se autogobierna y en el que cada familia (alrededor de 60) mantiene su economía doméstica y trabaja por su propia parcela, mientras que las adquisiciones y el mercado se llevan en forma cooperativa. La principal fuente de trabajo y de ingresos es la agricultura. La fuerza de trabajo de cada granja es la familia que trabaja junta y vive en una sola casa. Su organización y características no son muy diferentes a la de las familias campesinas, de hecho ellos pertenecen a esta categoría.

Los antecedentes que se observan en la zona sirvió de referencia para ver qué experiencia funcionaba y adaptaba a la realidad. Así encontramos:

- Proyecto Malvinas: Con el F.E.N. de 1983 unas 2,500 personas se refugiaron en 100ha de desierto, era una franja con dunas de 12mt. de altura sobre la planicie contigua convertida en lago. En esta caprichosa topografía se asentaron las familias, dándole al lugar una zonificación espontánea y definiendo ellos mismos sus vías y viviendas. Los arquitectos Guzmán y Luisoni respetaron la sabiduría popular y las costumbres del poblador. Su objetivo principal fue el mejoramiento integral del hábitat. Regularizaron el trazado y plantearon un núcleo social donde la gente se reúna y en donde las interdependencias se integren y administren.



Fig. 3 Ingreso al Asentamiento Humano Castilla

Se utilizaron materiales locales con un sistema constructivo pensado especialmente para este proyecto. Los mismos pobladores participaron de la construcción por ejemplo, los expertos en hacer sombreros y canastas, tejieron los techos a cuatro aguas.

La mayoría de los pobladores se dedican a actividades terciarias pero son criadores de animales y plantas por excelencia por lo que las viviendas cuentan con un área para corral y huerto para su autoconsumo.

- **San Lorenzo:** Se trata de un conjunto de centros poblados ubicados en un sector de la carretera Piura –Sullana. Uno de estos asentamientos es el “10 – 4” cuyo nombre refiere al kilometraje donde se encuentra ubicado.

Hace aproximadamente 35 años se ubicaron en esta zona un grupo humano dedicado a la agricultura y servicios terciarios. Poseían lotes de 1000m² cercados por palos de algarrobo. Sus viviendas eran espontáneamente rurales, construidas con materiales locales, utilizando el barro, la quincha quincha de algarrobo, las vigas de los techos eran de este mismo árbol y estaban cubiertas de tejas. Solucionaron el abastecimiento en épocas de sequías construyendo colcas de 1.20 de diámetro y 3m de alto.

El patrón de asentamiento es lineal, son parcelas individuales ubicadas a lo largo del canal de regadío. No existe diferenciación vial. Al final del asentamiento se ubica un núcleo social. Por el estado en que encontramos la plaza da la impresión que no se usa como lugar de reunión. Los que si se usan son el colegio y las canchas de fútbol.

Luego se planificó el asentamiento y el diseño de las viviendas con el financiamiento del Banco Mundial. Al transcurrir los años las consecuencias de yuxtaponer patrones de vivienda y de vida citadinos sobre patrones rurales se hicieron notar. Se construyeron casa de ladrillo y cemento con techos de calamina, se hicieron instalaciones sanitarias con inodoros, lavaderos etc. El campesino al NO ser un poblador de ciudad sino de CAMPO utilizó los espacios que les “diseñaron” en su vivienda para otros fines. Para abastecerse de material de construcción se montó una fábrica de ladrillos, la cual malogró el sistema de agua con el que contaba el campesino.

- Nuevo Tallán: Con la inundación del F.E.N. alrededor de 450 personas se vieron en la necesidad de cambiar su hábitat y levantar nuevas moradas en un sector de la desértica carretera Piura – Chiclayo. Se encuentran bien organizados, cuentan con una jerarquizada distribución de mando y con el apoyo de Caritas, de la Región Grau entre otros.

Se trata de una configuración lineal con vías peatonales, la principal está delimitada por grandes Tamarix a ambos lados. Las viviendas huerto también se encuentran alineadas, mientras que las parcelas donde trabajan muchos de los pobladores se encuentran a varios kilómetros de distancia. Cuentan con servicios alineados al principio del asentamiento como nido, colegio, cocina y comedor comunal, lozas deportivas, puestos de salud y viviendas comercio. Utilizaron materiales locales a excepción del puesto de salud y del nido.

El abastecimiento de agua es mediante un pozo de 120m de profundidad y la iluminación eléctrica se estaba gestionando con el consejo provincial de Piura.

- Pueblo Nuevo de Colán: Se encuentra a una hora de distancia de Piura, sobre la desértica carretera que va a Paíta. El ingreso da directamente a la plaza donde predomina la Iglesia (única construcción hecha de ñadrillo y cemento). Se trata de agricultores con parcelas individuales en el Valle del río Chira, el cual se puede ver desde el centro poblado, que es en realidad un gran mirador. El sistema de riego es por gravedad, con pozos de 2m de profundidad ayudados por molinos de viento tejidos. En la zona de baja productividad desarrollan la ganadería como actividad complementaria.

El centro poblado es de traza lineal dirigida por la topografía, además del área residencial cuenta con zonas de comercio local, transporte, recreación y pequeñas industrias artesanales. Cuentan con iluminación pública. Las viviendas están construidas con materiales locales, predominando el adobe y quincha, los techos son a dos aguas y están hechos de troncos y caña, empastados con barro, tejas elaboradas en la zona o calamina.

- Catacaos: A 10km de la ciudad de Piura, es el centro de mayor desarrollo comunal autónomo de la región, dedicados principalmente a la agricultura con propiedades privadas y comunales. Las propiedades privadas cuentan con administradores para dirigir las labores agrícolas, mientras que las propiedades comunales se encuentran fragmentadas en pequeñas cantidades de tierra que sirven como medio de vida para un gran número de familias. También se caracteriza por el comercio de artesanía típica de paja y madera.

El trazo es de forma irregular respetando los límites de las tierras de cultivo. El crecimiento es espontáneo y se dirige hacia la carretera. Las tierras cercanas son casi totalmente áridas obligando al poblador a migrar a la ciudad en busca de trabajo.

Este pueblo también se caracteriza por su actividad turística que ha logrado logros importantes en la región. La mayoría se concentran en la plaza además de las actividades de gestión, servicios religiosos y comerciales. En esta plaza se observa abundante vegetación, confirmando la existencia de vida y protección.

En el centro se aprecian viviendas antiguas hechas de quinchá y barro, mientras que en los alrededores las viviendas se encuentran techadas con esteras, calaminas o teja.

Gracias a la organización de los pobladores y al apoyo de diferentes entidades cuentan con luz, agua y desagüe, lo cual no sucede con las instalaciones circundantes.

- Chulucanas: Es un pueblo al Este de la ciudad de Piura. Cuenta con una plaza central rodeada de locales comerciales y de servicio. El suelo de Chulucanas es predominantemente agrícola. Los campesinos poseen parcelas individuales alejadas de sus viviendas, ellos complementan la actividad agropastoril con la artesanía, a esta última les dedican mas tiempo. La ganadería es una actividad importante dentro de su economía familiar ya que con las lluvias convierten al despoblado en suelos verdes y ricos o los hacen carentes de cualquier tipo de vegetación. En épocas de sequía se comercializan las cabras como opción de sustento familiar. Los criadores de cabras se encuentran cerca de las carreteras en pequeños caseríos sin acceso a tierras agrícolas por lo que tienen que pastar a sus animales en las tierras bajas y áridas de las cercanías. En las viviendas se aprecia un espacio para la crianza de animales menores.

Su configuración espacial es irregular. Al principio parece apreciarse una trama cuadrangular pero se va perdiendo en las trochas continuas hacia las parcelas individuales. Las viviendas son pequeñas en su mayoría, están hechas de quinchá y adobe. Los techos son inclinados de barro cubiertos con paja o tejas. También se observaron viviendas de concreto y ladrillo con techo de calamina.

Con el paso de los años y con la ayuda de diversas entidades, Chulucanas ha ido obteniendo los servicios básicos de agua, desagüe y luz.

En Resumen:

- Es importante resaltar que de los análisis hechos de los diferentes asentamientos, el poblador establece su centro poblado en las zonas menos fértiles (zonas altas) dejando los lugares más ricos para sus parcela, lo que demuestra que él es parte integral de su hábitat.
- La mayoría de pobladores dependen de la agricultura como sustento familiar.
- Se utilizan materiales locales, utilizan lo necesario sin depredar la naturaleza sino retribuyéndola con sus mismos recursos.
- Se observan plazas como lugar de reunión rodeadas de servicios.
- Se repite los techos inclinados en la mayoría de los casos.

- El desierto o despoblado como medio, es susceptible a ser aprovechado para el beneficio del hombre y el desenvolvimiento de sus actividades. La intervención de personas ajenas al hábitat de este poblador debe mantener constante comunicación con el usuario y respetar la relación Hombre – Medio.

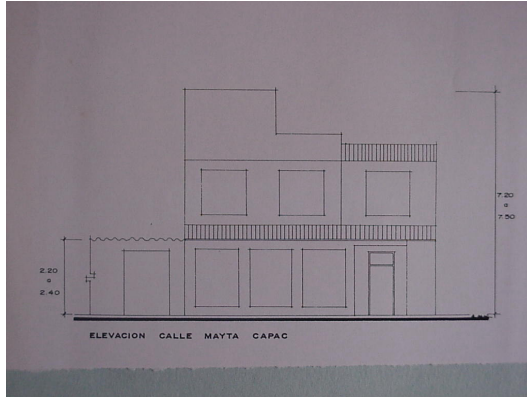


Fig.5 Fachada de una casa en Castilla. Los detalles de la edificación corresponden a un lenguaje contemporáneo de otras latitudes.

La participación de la población en este proyecto fue esencial para conocer sus tendencias y preferencias en su futura comunidad. La aproximación fue gradual para evitar una sensación de invasión u observación incómoda. Cada detalle fue importante para el procesamiento de la información.

El primer contacto fue mediante una actividad comunal un día Domingo en el mismo terreno, en donde fuimos presentadas y nos dieron la bienvenida. Las señoras prepararon el típico cebiche norteño mientras que los señores sacaban la famosa chicha de jora piurana.

Al principio se notaba una pequeña diferencia en el trato de los comuneros varones ya que todavía el machismo se mantiene con fuerza en la zona. No obstante las personas que conforman este grupo se caracterizan por su nobleza y hospitalidad.



Fig. 6. El poblador y su realidad. A pesar de ello, nunca pierde las ganas de ser optimista.

A cada familia se le repartió una encuesta elaborada con el apoyo de una antropóloga para desarrollarla en casa y así establecer el primer acercamiento con cada familia por separado. Se formularon preguntas fáciles de responder, pues nunca se trató de invadir su privacidad.

Las conclusiones obtenidas de este primer acercamiento fueron:

- Es un grupo humano que ha vivido la mayor parte del tiempo en la ciudad, no obstante tienen conocimientos sobre el trabajo en el campo. Actualmente crían plantas y animales pequeños.
- Las viviendas donde residen cuentan con sala, comedor, baño, cocina – patio con un pequeño huerto o corral en algunos casos.
- Los jefes de familia se desenvuelven en la ciudad y en el campo, tienen diferentes ocupaciones. La mayoría son empleados jubilados que no poseen tierras propias.
- Las señoras son casi en su totalidad amas de casa, salen a comprar víveres todos los días (viven al día). Los jóvenes son ya ciudadanos y se desenvuelven como cualquier persona de su edad.

Luego se programó una exposición de lo que ellos planteaban como solución. Una de sus propuestas era repartir las 590 Ha. En 49 cuadrados iguales (N° de familias) sin tomar en cuenta distancias, vías, curvas de nivel, etc.

Se solicitó entonces un plano topográfico a especialistas para conocer mejor el territorio. En el siguiente encuentro les pedimos contestar algunas preguntas así como dibujar o describir sus viviendas. Cabe resaltar la disposición de este grupo humano para responder a todas nuestras incógnitas.

En el siguiente acercamiento con la población se planteó una entrevista personalizada en sus viviendas con el objetivo de conocer dónde y cómo viven. Además de conocer sus inquietudes sobre su futura vivienda. Se les presentaron dibujos y esquemas diferentes de lo que podría ser un asentamiento, un barrio, una manzana, un lote, la plaza, las calles, sus viviendas etc. Todo fue muy gráfico y ellos elegían con cual alternativa de los diferentes elementos se identificaban mejor.

En estas visitas muchos de los socios (de la UCP) nos contaban sobre sus vidas, cómo era antes y que esperaban en el futuro. Se concluyó que estas personas desean un cambio en su medio como en sus viviendas.

Conforme se fue avanzando en el proyecto y en la concepción de las ideas se dieron diferentes reuniones que seguían delineando la propuesta final.

El Proyecto

Para apoyar el desarrollo de las actividades agropecuarias y silvopastoriles (producción forestal, floricultura, producción agroindustrial, lombricultura, acuicultura, apicultura, avicultura, ganadería caprina y porcina y ecoturismo periurbano) se propone un ordenamiento físico, el cual los articule dentro de un gran sistema siguiendo el uso integrado de los recursos, el cual forme un circuito en donde el producto final de una actividad productiva sea la materia prima de la otra.

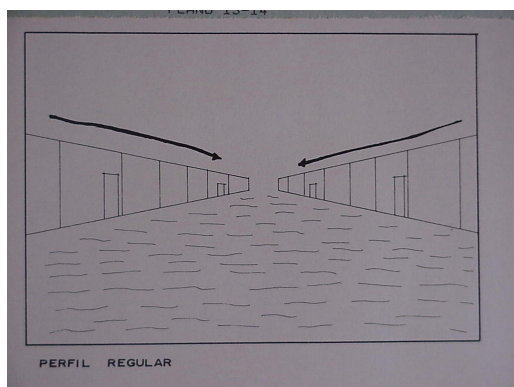


Fig.7 Estudio de perfil urbano en el asentamiento Castilla.

Dichas actividades generarán la necesidad de invertir y trabajar en ellas, formando pequeñas empresas con accionistas interesados. Su buen manejo generará excedentes para la venta y deberá generar ganancias. Al generar interdependencia entre el hombre y los recursos naturales se ve la necesidad de contar con una morada dentro de la unidad para lo cual se plantea un centro poblado donde se les permita interrelacionarse identificándose con objetivos y patrones de vida comunes.

Por otro lado el manejo de la tenencia de tierras por parte de los socios de la Unidad responderá a la preocupación que tienen por asegurar la propiedad de 10 Ha. Que temen perder con el futuro proyecto. Para confirmar esta pertenencia se distribuirá de la siguiente manera: Lote urbano, huerto familiar, porcentaje de participación en m² (servicios comunes, infraestructura y servicios básicos), parcela (área silvopastoril y área de flore natural).

El terreno de 590 ha. Se encuentra ubicado a pocos kilómetros del distrito de Castilla por lo que sugiere la llegada de redes sanitarias y eléctricas en pocos años. Se propone el consumo de todo el terreno para mantener control sobre este y así evitar la disminución de la escasa cobertura vegetal por efecto de la deforestación y del pastoreo de cabras, para la mantención de microclimas favorables.

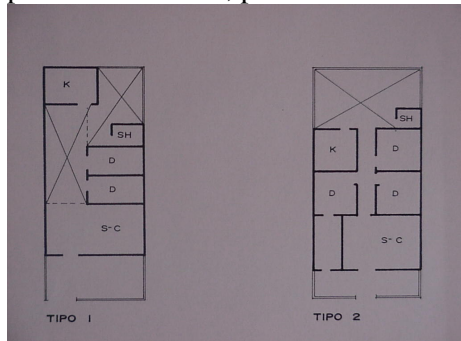


Fig. 8. Estudio y diseño de módulos de vivienda.

Al ingresar al terreno se visualiza perfectamente la Loma N°1, ligeramente a la derecha y a algunos kilómetros de distancia se puede ver la Loma N°2, para visualizar la Loma N°3 es necesario recorrer varios kilómetros hacia el sur. Muchas de las actividades y el centro poblado se ubicarán en las lomas integrándose con el

paisaje. La conexión entre estas será un recorrido turístico desde donde se pueda observar todo el desenvolvimiento de los pobladores además de poder adquirir los productos que ellos mismos elaboran.

La ubicación de cada actividad responde a un estudio, junto con especialistas, para el mejor aprovechamiento de los recursos. Igualmente en el caso de la zona residencial se fueron descartando posibilidades. Así la loma denominada N°3, aunque presenta una buena orientación y pendiente, es la mas distante al ingreso, por lo que encarecería los costos de accesibilidad y viabilidad, La loma N°1 está cerca del ingreso, ocasionando que la gente no consuma todo el terreno y se limite a la entrada y salida, contribuyendo a que el poblador no conozca todo su territorio y por ende no ejerza control sobre el mismo. Por otro lado su orientación al norte le da la espalda al resto del terreno, su plataforma mas alta es muy pequeña como para el centro poblado.

Todo el proyecto se plantea en dos etapas. En el caso del centro poblado, la primera consiste en el área que habitarán los “colonos” cerca de la plaza, ubicada en la plataforma más alta (40m.s.n.m.) en donde también se ubicará un pozo de agua. Sus lotes tendrán capacidad para un huerto y corral. En la segunda etapa habitarán los descendientes de colonos o nuevos socios. Sus lotes continuarán a los de los colonos y estarán cerca de los huertos familiares los a que a la vez sirven de control de la futura expansión. La ubicación de estos huertos familiares obedece también al fácil acceso del agua, ya sea por las lluvias o por gravedad. Todos los lotes y huertos se ubican en forma lineal y siguiendo las curvas de nivel.

Es necesario resaltar que las zonas mas bajas de la zona son inundables debido al Fenómeno del Niño (F.E.N.) mientras que el plantear la plaza en un lugar alto y amplio, abre la posibilidad de albergar a mayor cantidad de gente en casos de emergencia. También se domina todo el paisaje desde este punto.

Debido a que la exposición solar no es muy favorable por la orientación de la loma, se arborizarán las calles para crear sombra y chiflones de aire. Si a esto se suma la humedad relativa de la loma, se podrá controlar la temperatura del centro poblado, pues a mayor elevación de humedad relativa será mas elevada, enfriando el aire.

La fuerza del viento es mayor en zonas altas, esto permitirá el enfriamiento del aire durante el día. En la zona mas baja se produce la reflexión de la radiación, aumentando su temperatura, estas zonas son aptas para la actividad silvopastoril.

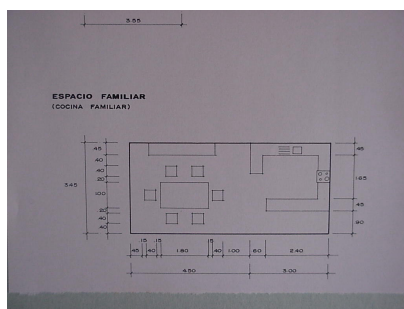


Fig.9 Estudio de diseño de cocina y comedor integrado

El centro poblado contará con una vía principal que viene desde el circuito turístico de todo el terreno y se dirige hacia la plaza, atravesando el esta zona residencial; vías secundarias que parten de la vía principal hacia ambos lados determinando lotes y espacios receptivos, cerrando dos circuitos; vías peatonales que recorrerán todo el centro poblado, cruzando la vía principal en forma perpendicular, así como el malecón el cual contará con zonas de descanso y estará conectando los parques y losas deportivas.

Alrededor la plaza se ubican los servicios comunales como los talleres de capacitación, la sala de usos múltiples, el mercado, una oficina administrativa, biblioteca y la capilla. La guardería y posta médica se ubicarán cerca de la zona recreativa a unas cuadras de distancia de la plaza.

La Programación

El asentamiento en total cuenta con 592.00 ha divididas de la siguiente manera:

Núcleo N°1 con 15.42 ha., cuenta con un espacio de recepción donde se ubiquen los “burro-taxis”, el proyecto caprino, lombricultura, industrialización del algarrobo, centro de acopio y el campo ferial.

Núcleo N°2 con 13.88 ha., integrado por el centro porcino, tilapias, camarones, aves, apiario y el cultivo de margaritas.

Area de flora natural, huertos familiares y área silvopastoril con 546.24 ha.

Las vías de comunicación suman un total de 7.70 ha.

El espacio urbano o centro poblado suma 8.69 ha.

El Espacio Urbano alberga a 450 personas, con una densidad bruta de 52 hab./ha. y una densidad neta de 150 hab./ha.

Con respecto a los servicios comunales se tiene:

Capilla con 531 m²

S.U.M. con 408 m²

2 Aulas con 208 m²

Biblioteca con 104 m²

Administración 52 m²

Posta médica y guardería con 104 m²
 Mercado con 360 m²
 Servicios higiénicos 52 m²
 Vía principal de 15.20 m de ancho suma un total de 12,768.00 m²
 Vía secundaria con 8.70 m de ancho suma un total de 11,404.00 m²
 Vía peatonal con 4,50 m de ancho suma un total de 3,316.50 m²
 Plaza 2,799.60 m²
 Parques 3,823.58 m²
 Jardines 2,382.50 m²
 Miradores y lozas deportivas 988.87 m²
 Area de lote promedio (primera etapa) 672.00 m²
 Area de lote promedio (segunda etapa) 725.91 m²

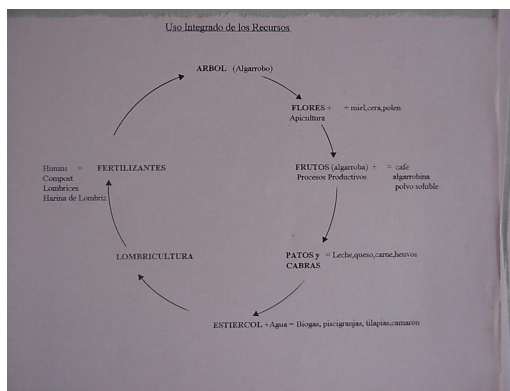


Fig.10. Estudio y análisis de las actividades productivas de la población.

La Vivienda

Respetando las costumbres y patrones de vida de los integrantes de las familias es que se llega a una solución de vivienda que funciona no solo como “dormitorio” sino también como lugar de reunión que las integre y que además se compenetre con el campo. Esta solución debe ser sencilla y fácil de construir para que esté al alcance del poblador.

Los pobladores optaron por un cambio en su actual vivienda, pudiendo ser este el regreso de la concepción ancestral de la vivienda rural, vivienda con patio central y servicios alrededor. El huerto y el corral surge de la costumbre que tienen de criar animales y plantas para su autoconsumo, con dimensiones que les permita dicho objetivo, mas no para su comercialización ya que desmoronaría la política económica comunal.

Debido a su permanencia en la ciudad por una o más generaciones, se han optado también por patrones ciudadanos de vida sobretodo en los integrantes mas jóvenes.

Bajo el mismo esquema se llagaron a diferentes tipologías según la orientación de su ingreso.

Se llegó a la conclusión que debido a sus actividades se formaban dos circuitos principales; El circuito informal: es el que siguen casi rutinariamente los miembros de la familia y se basa en la permanencia por horas en la “ramada” cuando se tiene tiempo de hacer vida social. Luego pasan a la cocina – comedor, donde realizan la mayor parte de sus actividades y finalmente mediante un espacio de distribución pasan a sus dormitorios.

El circuito formal se usa con menos frecuencia, se da cuando reciben visitas formales donde se pasa de un espacio de distribución a un espacio de estar formal. Las dimensiones de los espacios de la vivienda surgen de las unidades espacio funcionales de cada ambiente , junto con el módulo de construcción.

Sistema Constructivo: Se han considerado materiales locales con el fin de facilitar la autoconstrucción, abaratar costos y para mantener correlatividad con el medio. Obteniendo así un sistema mixto de prefabricación de algunos elementos, así como su autoconstrucción in situ.

Se optó por quinchas hechas in situ tal como lo hacen las familias campesinas. Los módulos obedecen a los dimensionamientos de los materiales, así como la practicidad de su construcción. El módulo vertical y horizontal es de 0.90 m. La vivienda se encuentra elevada 0.35 m sobre una plataforma con piedra para prevenir inundaciones.

Los muros están hechos con postes de algarrobo cada 0.90m los cuales están subdivididos por elementos horizontales a 0.90m. de altura y rigidizados por elementos diagonales. Sobre estos últimos se clavan los paneles de 0.90 x 0.90m. de caña partida, los cuales se adquieren en el mercado ya armados. El empastado es de barro primero y luego cal para cubrir porosidades. Sobre estos muros se tiene una celosía con módulo de 0.45m. x 0.45m. con elementos diagonales donde se sujeta el carrizo, permitiendo la circulación del aire pero no la de la lluvia o el polvo. Sobre la celosía se encuentra la viga solera de algarrobo de 125 cm. de diámetro sobre la cual descansa el techo inclinado a 45°, esto debido a las lluvias recurrentes del F.E.N. La estructura del techo es de algarrobo y sigue el sistema de par y nudillo.

Sobre un módulo de 3.60 x 3.60 m se levanta una pirámide la que se encuentra amarrada por un nudillo (elemento horizontal) a la mitad de la altura, así en una sola pirámide se encuentran 4 pares con sus 4 respectivos nudillos. Sobre la estructura descansa la caña, luego la torta de barro con brea (elemento impermeabilizador) y por último las piezas planas de arcilla, elaboradas por ellos mismos las cuales se ensamblarán una sobre la otra. En la unión de los pares se colocará una pieza artesanal de arcilla para una mejor evacuación del aire caliente.

Los pisos varían de acuerdo al ambiente: en los dormitorios y el estar se plantea pequeños bastidores rellenos de cemento, la ramada y el patio central son de suelo – cemento bruñado, para el núcleo de aseo y la cocina – comedor son pisos artesanales de arcilla.

La circulación del patio central está cubierta por un techo similar al de la ramada con una inclinación que permita la caída del agua de las lluvias directamente a las canaletas que se encuentran alrededor del espacio central. Estas canaletas están cubiertas por piezas de madera rolliza y llevará el agua hacia el huerto con una pendiente de 2%.

Este patio cuenta con poyos hechos de suelo – cemento con una tabla clavada en el asiento y se ha dejado un espacio para un árbol que proporcione semi - sombra. Igualmente la ramada cuenta con poyos de suelo – cemento pero con una base de piedra, el techo es un entramado de carrizo sobre el que descansa el “papelillo” o bugamvilla.

Las puertas serán de 0.90 de madera contraplacada en el caso de los servicios y maciza en el caso del ingreso. La malla mosquitero abre hacia adentro. Las ventanas que dan hacia el huerto abren levantando una hoja tipo toldo. El mobiliario de la cocina y baño son de quincha y los lavaderos de granito.

Confort Ambiental: Las viviendas se encuentran separadas permitiendo el paso del aire. No hay muros altos medianeros pues el lote es de 21.00 x 30.00m con área verde alrededor. Fuera de las viviendas se plantean diferentes especies arbustivas las que funcionan como parapetos, deteniendo la radiación solar.

Dentro de la vivienda la ventilación es cruzada alta (mediante la celosía), los techos inclinados cuentan con una chimenea hecha de arcilla la que expulsa el aire caliente. Al circular el aire frío horizontalmente por arriba succiona el aire caliente del interior. Mientras que los techos inclinados reflejan la radiación solar evitando así su concentración, los materiales colaboran también en que el calor no se concentre. Los volados de los techos proporcionan sombra y a la vez refresca las circulaciones.

Los muros al ser contraplacados por paneles de caña partida crean un colchón de aire en el interior, colaborando con el confort térmico de la vivienda. Los pisos también han sido pensados para que reflejen el calor.

En las zonas áridas un elemento muy importante son las plantas pues proveen de sombra, canalizan los vientos. El follaje de los árboles protegen un espacio de las fuertes lluvias, sus raíces atraen el agua del subsuelo, enriqueciendo el suelo donde están plantados, resistiendo erosiones.

Cultivo Ecológico de los Frutales Caducifolios en Zonas Áridas del Perú

Ana Sabogal Dunin Borkowski¹

¹ Universidad Católica del Perú. E-mail.: asabogal@pucp.edu.pe

Resumen

Aunque tradicionalmente el cultivo de frutales caducifolios estuvo asociado a periodos de frío para iniciar la fase productiva, el manejo agrícola dirigido hacia la regulación de la provisión de agua, permite hoy en día inducir tal fase mediante la supresión del riego y la defoliación manual, lo cual en las condiciones de aridez de la costa no resulta tan difícil. Adicionalmente, el manejo de las técnicas de injertación posibilitaría no solo mejorar la adaptación de algunas variedades comerciales, sino también el aumento de la productividad y el mejor mantenimiento del suelo. Dada la factibilidad del cultivo de frutales caducifolios en la Costa del Perú, se propone así el cultivo combinado de frutales caducifolios tipo manzana con cultivos de pan llevar como una forma alternativa de control de la desertificación, la salinización y el deterioro del suelo, que pueda efectivamente ser utilizada por los agricultores de las zonas árida del Perú.

Palabras clave: frutales caducifolios, Costa de Perú.

Abstract

Although the growth of deciduous fruit trees has longly been dependent of low temperature periods to start the productive phase, the agricultural management of these crops in the arid lands of the Peruvian Coast is now possible, since the suppression of water and the manual defoliation nearly have the same effect. Besides, the appropriate use of grafting techniques could make possible not only to improve the adaptation of some commercial varieties, but also to increase the productivity and a better maintenance of the soil. Due to the feasibility of growing deciduous fruit trees in the Peruvian Coast, the article proposes the combined growth with quick crops as an alternative way to control desertification, salinisation and soil deterioration which, can be effectively used by the farmers of the arids areas of Perú.

Key words: deciduous fruit trees, Peruvian Coast.

En el Perú se cultiva cada vez mayor cantidad de caducifolios, entre los cuales destaca el cultivo del manzano. Siendo el Departamento de Lima el principal productor de este frutal, con rendimientos tres veces mayores que los producidos en el Departamento de Ayacucho, pese a las elevadas temperaturas de la costa del Perú. Esta extraña contradicción se debe a que el cultivo de los frutales caducifolios en el Perú requiere de conocimientos técnicos. Los frutales caducifolios provienen de zonas templadas y requieren de una etapa de frío que permite que estos pasen de su etapa vegetativa a su etapa reproductiva y se presente una floración uniforme que se traduce en una buena producción. La restricción del cultivo de frutales caducifolios en el Perú se debe a sus requerimientos de frío. Las mejores variedades tienen mayores requerimientos de frío, por lo que no pueden ser cultivadas en el Perú. En el Perú solo pueden cultivarse variedades de bajos requerimientos de frío adaptadas al lugar. El lugar del Perú más adecuado para el cultivo de frutales caducifolios debido a sus requerimientos de temperatura, sería la Sierra (2400–3200 m.s.n.m.), sin embargo,

los costos del transporte son tan elevados que disminuyen enormemente los ingresos del pequeño agricultor. Resulta interesante observar que bajo condiciones de sequía la estrategia natural de las plantas para poder sobrevivir es disminuir el área foliar, reduciéndose el tamaño de las hojas o mediante la defoliación.

En la costa el periodo de frío, que conlleva al descanso que requieren los frutales caducifolios en la época de invierno, puede ser reemplazado por la eliminación del riego (agoste). De esta manera, al igual que con el periodo de frío, los árboles restringen su actividad fisiológica como consecuencia de la falta de agua. La ventaja radica en que en la costa del Perú la suspensión del riego puede realizarse en cualquier época del año pudiendo obtenerse hasta tres cosechas en dos años al disminuir la etapa de descanso del árbol, ello repercute sin embargo, en la vida útil del frutal. De esta manera se puede programar las cosechas en épocas de desabastecimiento del mercado. Sin embargo, la gama de variedades que se pueden cultivar en la costa es aún menor que aquella que se puede cultivar en la sierra debido a las exigencias de frío. Al no realizarse agoste la planta produce frutos durante todo el año pero pequeños y de mala calidad.

Para obtener una rápida producción y acelerar el ritmo de crecimiento, se deja crecer los árboles sin agostar durante los primeros dos años eliminando los pocos frutos producidos. Posteriormente, en lugares donde no existe una clara diferenciación entre las estaciones como en la costa, se realiza una defoliación al mes de efectuada la cosecha. La defoliación seguida de la regulación del riego impide que la planta entre en dormancia y un mes después se produce la floración.

Para la manzana los requerimientos de frío se encuentran entre 200 y 1,400 horas de frío por debajo de 7.2 ° C. Entre las variedades de manzana de menores requerimientos de frío encuentran: 'Anna de Israel' con 350 horas, muy cultivada en el Perú, su defecto es el corto periodo de conservación; 'Dorsten Golden' con 350 horas y 'Ein Shemer' con 450 horas ambas poco difundidas en el Perú; 'Winter Banana', con 650 horas, de color verde con elevado contenido de acidez; y 'Gala' con 750 horas de frío. En el Perú las principales variedades de manzano cultivadas son: 'Viscas', 'Pachacamina' ('Red Delicius'), 'San Antonio', 'La Molina' y 'Anna de Israel' ('Israelita').

Para el peral los requerimientos de frío están entre 150 y 1,400 horas de frío (Fischer et al, 1989), mientras que el durazno requiere entre 100 y 1,250 horas de frío. Especialmente adaptadas a climas tropicales y subtropicales están las nectarinas aunque su área cultivada en el Perú es muy pequeña. Las variedades de nectarina como 'Sundgold' o 'Sunlite' con 450 y 550 horas de frío respectivamente (Gilreath y Buchman, 1981). Las ciruelas Europeas tienen elevados requerimiento de frío que van desde 800 hasta 1,500 horas mientras que los ciruelos japoneses requieren sólo entre 100 y 800 horas (Saure, 1978). En la siguiente tabla se muestran las principales variedades de manzano, peral, durazno y ciruela con bajos requerimientos de frío:

Cuadro 1

Principales variedades de algunos caducifolios con bajo requerimiento de frío utilizadas como injerto en el Perú.

Manzano	Durazno	Peral	Ciruelo
Anna de Israel	Cardinale	Triunfo de Viena	Reina Claudia
Winter Banana	July Elberta	Favorita de Clapp	Santa Rosa
Gala	Early Elberta	Williams Barlett	Horvin
Delicias de Viscas	Floridagold	Gigante Chilena	Beauty
Delicious Berrospi	Blanquillo	Packan's Triumph	Satsuma
Hoover roja	Flordabelle	Gigante de Yungay	
Hoover rayada	Floradared	Chacarilla	

Cuadro 2

Principales variedades de algunos caducifolios con bajos requerimientos de frío utilizadas como portainjerto en el Perú.

Manzano	Durazno	Peral	Cirolero
Membrillo	Okinawa	Membrillo	Durazno Okinawa
	Nemaguard		Mirabolano
Puente			Mariana 2624
San Antonio			
Pero manzano			
Cara sucia			

Es importante resaltar que los patrones con pocos requerimientos de frío pueden disminuir los requerimientos de frío de las variedades utilizadas como injerto (Giesberger, 1972), tal es el caso al utilizar membrillo como patrón (Medina, 1989). En el Perú se utiliza mucho al membrillo blanco como patrón sobre el que se injerta las diversas variedades de manzano y peral. A menudo se utiliza un puente de una variedad local como por ejemplo la manzana 'San Antonio', 'Cara Sucia' o 'Pero Manzano' para disminuir la incompatibilidad de las variedades finas de manzana con el membrillo. La variedad "Pero Manzano" se utiliza como puente para dar afinidad a otros manzanos con mayores requerimientos de frío cuando se usa al membrillero como patrón (Medina, A., 1989). De esta manera se ha podido difundir los cultivares 'Red Delicious', 'La Molina' y 'Anna' que no pueden ser injertados directamente sobre membrillero (Medina, A., 1989). Las variedades sin puente acortan la vida de la planta, disminuyen su crecimiento y no son resistentes, además de presentar agrietaduras en la corteza del injerto y deformaciones en la unión con el portainjerto (Franciosi cit por Salsavilca, 1987). Además el membrillero favorece la enanización de la planta, le da precocidad y permite adaptarse a suelos superficiales, húmedos y secos (Medina, 1989). Entre

las variedades de manzana utilizadas como patrón de poco requerimiento de frío se encuentran los patrones de 'East Malling' como: 'Malling 26', 'Malling 9' y 'Malling 7'.

Es necesario realizar nuevos estudios y cruces para obtener nuevas variedades de frutales caducifolios adaptadas a las condiciones climáticas del Perú así como intercambiar experiencias con otros lugares de Sudamérica y Africa.

La intensificación de la agricultura de la costa trae consigo un peligro ecológico inminente, debido a la intensidad de aplicación de pesticidas, fungicidas y fertilizantes, que permiten obtener elevadas cosechas. Desde el punto de vista ecológico, los frutales requieren una menor inversión en productos químicos comparado con cualquier cultivo anual o temporal. Los árboles caducifolios pueden ser manejados mediante un agoste oportuno que sustituye la dormancia y una defoliación manual para suplir la aplicación de hormonas vegetales. La remoción y deterioro de la estructura del suelo es muy inferior comparado con un cultivo anual. Un aumento de la labranza influye notablemente en aumentar la pérdida de agua influyendo en la cosecha y deteriorando la estructura física del suelo (Stewart y Robinson, Boletín de desertificación).

La siembra de frutales con cultivos de panllevar permite una mejora de los ecosistemas así como una eficiente distribución del trabajo a lo largo del año. Las leguminosas como los pallares o los frijoles son una asociación alternativa interesante al mejorar el contenido de nitrógeno del suelo por medio de las bacterias nitrificantes, ello sin embargo sólo es posible cuando la fertilización nitrogenada es natural. Al variar los niveles de desarrollo radicular y aprovechamiento del suelo, aseguramos una adecuada absorción del riego. Cabe resaltar que frutales caducifolios como el manzano o el peral injertados con el membrillo que tienen una raíz muy superficial no requieren de riegos profundos, disminuyendo así los riesgos de salinización del suelo. A consecuencia de las sales provenientes del ascenso de la napa freática, que asciende en las zonas de regadío luego de un proceso de aridez (Istán Szabolcs, Boletín de control de la salinización).

Una de las razones por la cual el cultivo de los frutales se restringe a los grandes agricultores es el tiempo que se requiere esperar hasta que la inversión pueda recuperarse. La desventaja del cultivo de frutales radica en que el agricultor sólo obtiene una cosecha al año, además requiere esperar dos años hasta obtener la primera cosecha. Tratándose de pequeños fundos para autoconsumo es imposible pensar en la capitalización del agricultor, por ello los pequeños campesinos optan por la siembra de cultivos de pan llevar que les permiten tener pequeños ingresos durante todo el año. Al asociar el cultivo de frutales con cultivos de panllevar el agricultor cuenta con un ingreso durante todo el año, no requiere esperar dos años hasta obtener beneficios. Mediante el cultivo mixto de frutales con cultivos de panllevar se logra superar los primeros años con los ingresos que se obtiene producto de la siembra de los cultivos de panllevar.

Uno de los problemas agobiantes de la costa del Perú que conlleva al deterioro del ecosistema es el cultivo de especies de corto periodo vegetativo en forma de monocultivo, el que trae como consecuencia un deterioro de la estructura del suelo como efecto del movimiento constante del suelo. Cultivos que ocupan grandes áreas de la costa como el arroz, el espárrago y la caña de azúcar, entre otros, tienen también un alto consumo de agua siendo éste un factor limitante en la costa, donde las condiciones son áridas o hiper-áridas. De otro lado, el riego intenso en terrenos salinos trae como consecuencia el afloramiento de sales a la superficie provocando a largo plazo la pérdida de suelos agrícolas y la desertificación. Por ello actualmente se está dando mayor énfasis al riego por goteo que permite disminuir los niveles de agua y evitar la salinización producto de la elevada evaporación del suelo.

Como consecuencia se tiene una pérdida de tierras de cultivo que representa daños ecológicos irreparables. Uno de los cultivos que provoca las mayores pérdidas de suelo es el cultivo del arroz ya que destruye la estructura del suelo y modifica las condiciones de humedad provocando la salinización de las tierras y su desertificación una vez que se deja de cultivar arroz. Este cultivo es sin embargo estimulado al tener el agricultor un mercado relativamente seguro.

Cabe resaltar la importancia de los árboles en el microclima y en el ciclo del agua, el follaje desarrollado durante la fase vegetativa crea un microclima benigno para otras especies y reduce así mismo la evapotranspiración. La gran tala de bosque se origina recién con la colonia, ésta aumenta a partir de entonces devastando el bosque seco de la costa; el mismo que tenía una extensión mucho mayor llegando hasta el departamento de Lima. El sobrepastoreo de las lomas y del bosque seco tropical ha traído consigo un cambio en el balance hídrico de los ecosistemas costeros aumentando los niveles de desertificación y la consiguiente destrucción de la fauna. Así como creando una significativa fragmentación entre los ecosistemas e impidiendo su comunicación, lo que repercute seriamente en la diversidad de las especies y en las posibilidades de subsistencia de las mismas. Finalmente la desertificación trae como consecuencia la extrema pobreza y una brecha muy grande en los niveles de ingreso ya que bajo estas condiciones sólo es posible una agricultura tecnificada de elevada inversión. En tal sentido el cultivo de árboles caducifolios no es una alternativa errada.

A menudo se ve la costa como un territorio infértil y desértico que puede ser aprovechado mediante obras de riego sin tener en cuenta que se trata de ecosistemas muy frágiles que han pasado por un largo proceso de adaptación a las condiciones áridas. Es cierto que existe una presión económica sobre estas tierras, sin embargo hay que encontrar un justo medio que permita el mejor aprovechamiento de estos espacios y que no cree un conflicto entre la economía y la ecología. Es nuestra obligación hoy en día, estimular el uso sostenible de las tierras y tener en cuenta que la costa fue también cultivada por culturas anteriores que encontraron un equilibrio y supieron transferirnos un ecosistema no deteriorado.

Conclusiones

La Costa del Perú es una zona árida o hiper-árida que viene siendo explotada por la agricultura mediante cultivos con requerimientos hídricos y de labores agrícolas muy altos, tal es el caso del arroz y otros cultivos de pan llevar. Esto no ha hecho otra cosa sino, aumentar la salinización, el uso de agroquímicos y la remoción constante del suelo con su consecuente deterioro.

Dentro de este escenario, el cultivo de frutales caducifolios se abre como una posibilidad interesante ya que su manejo agrícola se facilita al ser el recurso agua un factor limitante, lo que podría verse como una desventaja se convierte en una posibilidad al ser el agoste y la defoliación manual necesarios para iniciar el período productivo de estos frutales. Con frutales caducifolios se reduciría la evapotranspiración y se crearían microclimas bajo las copas que favorecerían el desarrollo de una biota que a su vez aumentaría el contenido de materia orgánica, coadyuvando así a la recuperación y mejora del suelo. De otro lado, los frutales caducifolios no requieren un uso intensivo de agroquímicos y se encuentran entre los cultivos en los cuales se ha trabajado bastante el manejo integrado de plagas. El uso tradicional de injertación en estos cultivos permitiría contar con una herramienta adicional para mejorar la adaptación y la productividad, sin embargo se requieren mayores estudios a fin de desarrollar nuevas variedades de acuerdo a nuestra realidad.

Por último, esta alternativa enriquecida con el cultivo conjunto de leguminosas y otros de pan llevar haría aún más factible su implementación entre agricultores que no pueden esperar dos años para tener la primera cosecha.



Referencias Bibliográficas

1. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.** 1996. Boletín de control de la desertificación, N° 28.
2. **Istán Szabolcs.** 1996. Impacto potencial del cambio climático mundial en la salinización de los suelos y sus efectos en la producción de alimentos, la diversidad ecológica y las prácticas de riego en: Boletín de control de la desertificación, N° 28.
3. **Stewart, B.A. y Robinson, C.** 1996. Sostenibilidad de la calidad del suelo en zonas de tierras secas en: Boletín de control de la desertificación, N° 28.
4. **Technische Universität Berlin.** 1990. Förderung des Kern- und Steinobstanbaus unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit in Boyacá/Kolumbien. Studienproject WS 89-90.
5. **Rodríguez, R. y Ruesta, A.** 1985. Conducción de viveros frutícolas. INIPA. Manual Técnico N°7