

4451

PRIMER CURSO INTERNACIONAL POLITICAS PUBLICAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

SANTIAGO DE CHILE, 3 DE NOVIEMBRE AL 1 DE DICIEMBRE DE 2000

I L P E S



NACIONES UNIDAS

CEPAL



**Medio Ambiente, Desarrollo y Cambio
Tecnológico en la América Latina
(El Futuro Ecológico de un Continente)**
(Editorial de la Universidad de las Naciones Unidas
y Fondo de Cultura Económica)
Bibliografía Profesor: Gilberto Gallopín



Banco Mundial



Banco Interamericano
de Desarrollo
BID



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Desarrollo humano sostenible



PNUMA

19. MEDIO AMBIENTE, DESARROLLO Y CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AMÉRICA LATINA

G. C. Gallopín

INTRODUCCIÓN

EL MUNDO atraviesa por un periodo de turbulencia inusitada que refleja la génesis e intensificación de cambios muy profundos que culminarán en las próximas décadas. Estos cambios están asociados a la actual revolución tecnoeconómica, todavía incipiente pero más profunda que las ocurridas previamente desde la Revolución industrial, liderada por la microelectrónica y la informática, y acompañada por una constelación de desarrollos basados en nuevas tecnologías intensivas en ciencia (biotecnología, nuevos materiales, nuevas fuentes de energía, etcétera). Esta nueva ola de innovaciones de ritmo vertiginoso, y los cambios socioeconómicos asociados, llevará a reestructuraciones drásticas de las sociedades, muchas de ellas difíciles de imaginar hoy. Esto, aunque implica graves problemas, refleja al mismo tiempo el potencial para dar un salto cualitativo en el desarrollo de la humanidad y para remplazar el trabajo alienante en favor de las ocupaciones creativas. Sin embargo, la realización de ese potencial dependerá de la estructura y organización de las sociedades, y de la capacidad y voluntad social para realizar los enormes cambios políticos, institucionales y culturales necesarios.

El futuro de la América Latina está de manera directa vinculado con esos cambios globales (además de con su situación interna), y el periodo histórico actual es extremadamente crítico, no sólo en el sentido de contener graves amenazas para el desarrollo, sino también en términos de la apertura de nuevas oportunidades y opciones que obligan, para establecer las condiciones de aprovecharlas, a escapar de los límites estrechos de la miopía magnificada por la inmersión cotidiana en la crisis.

La situación actual de la América Latina frente a la nueva Revolución tecnológica es muy diferente de la de los países industrializados (los cuales en teoría están en condiciones de afrontar esos cambios de

manera relativamente no traumática, dadas su capacidad instalada de producir bienes y servicios, la cobertura de las necesidades materiales básicas para la gran mayoría de la población, la existencia de mecanismos sociales de amortiguación, como el seguro de desempleo, entre otros, y su población básicamente estabilizada), e incluso se sostiene (Herrera, 1986) que es peor que la que tuvo la misma región en el pasado, durante el proceso de "modernización" que alcanzó a nuestros países después de la posguerra.

El estilo de desarrollo predominantemente adoptado por la región determinó que los beneficios de la modernización y del gran crecimiento económico (superior al demográfico) ocurridos en el periodo llegaran sólo a una minoría de la población, persistiendo grandes sectores en condiciones de marginalidad y de pobreza extrema. El proceso llevó finalmente a una disminución del producto bruto *per capita*, a grandes inflaciones (en los países más industrializados o "exitosos") y a una monstruosa deuda externa. Frente a esta lección del pasado, ¿cuál es la situación actual de la América Latina para incorporar los beneficios de la nueva ola tecnológica y reanudar su desarrollo? Claramente, en términos absolutos es muy crítica. En particular, resulta obvio que la estrategia de desarrollo históricamente predominante ya ha dejado de ser viable (de manera independiente de los argumentos referentes a lo que se desea). La región enfrenta la nueva situación con una deuda externa paralizante, una baja capacidad de acumulación de capital, grandes sectores de la sociedad que, sin haber incorporado todavía los beneficios de la ola anterior, coexisten con el efecto del conjunto actual de innovaciones tecnológicas, altas tasas de crecimiento demográfico y un desempleo estructural crónico, representando una herencia del pasado que configura una problemática mucho más compleja que la de los países desarrollados. Y, fundamentalmente, no es posible esperar la reanudación a corto o mediano plazos de las corrientes masivas de capital y de tecnología hacia la región (los motores de la anterior estrategia de desarrollo), ni siquiera si se llegara a dar una solución política al problema de la deuda latinoamericana. En síntesis, el estilo de desarrollo seguido en las pasadas décadas en la América Latina dejó de ser viable. Estamos frente a una ruptura de las tendencias y en el comienzo de un periodo histórico caracterizado por una incertidumbre generalizada. No se trata de un fenómeno coyuntural, sino de una reestructuración mundial profunda.

Si la anterior ola de innovaciones tecnológicas que llegó a la Amé-

rica Latina a partir de la posguerra no generó una distribución significativamente mejor de la riqueza, a pesar de que el producto creció durante la mayor parte del periodo más rápido que la población, no hay una razón particular para esperar que la nueva ola permita revertir esta situación de manera más o menos espontánea o automática (aún menos considerando la situación que la región enfrenta). Las razones centrales por las que la ola anterior no dio los frutos esperados son, en primer lugar, que las estrategias de desarrollo predominantes no apuntaron explícitamente a satisfacer las necesidades de la mayoría de la población, sino a satisfacer pautas de consumo basados en el modelo de las clases medias y altas de los países desarrollados, modelo accesible sólo para una minoría privilegiada en la región; en segundo lugar, las pautas de consumo y producción generados de esta manera llevaron a los países latinoamericanos a un aumento de la dependencia, dificultando de modo progresivo la adopción de estrategias de desarrollo más endógenas y autodependientes (Herrera, 1983).

Los países de la América Latina necesitan con urgencia definir e implementar nuevas estrategias de desarrollo que permitan incorporar las oportunidades implícitas en las nuevas tecnologías sin pagar enormes costos sociales y económicos. Para que sean viables (además de deseables) tales estrategias deberán ser social, económica y ecológicamente sostenibles a largo plazo. Por lo tanto, deberían apuntar hacia el logro de una sociedad que, como atributos básicos, incrementen en gran medida la participación de la población en las decisiones, tienda a una distribución equitativa de la riqueza, y sea de modo intrínseco compatible con su ambiente. Estas nuevas estrategias nacionales y regionales de desarrollo económico y social deberán apoyarse fuertemente en la ciencia y en la tecnología, con prioridades y metas fijadas por los países de la región. Esto es indispensable debido al fuerte componente tecnológico de punta (ciencia-intensivo) que caracteriza esta nueva ola de reestructuración socioeconómica mundial, y para aprovechar el potencial inherente en las nuevas tecnologías para el progreso de la región.

La dimensión ambiental del estilo de desarrollo predominante en la región, el efecto de la crisis en la misma y su papel en las opciones de futuro son aspectos a menudo ignorados en los análisis prospectivos. Y, sin embargo, el componente ambiental es el que determina y seguirá determinando la sustentabilidad ecológica del desarrollo a largo plazo. El presente capítulo intenta ofrecer una aportación a la

discusión de la problemática del futuro de la América Latina desde la perspectiva ambiental, apoyándose en los análisis y resultados que surgen del proyecto de investigación Prospectiva Ecológica de América Latina.

I. LA SITUACIÓN ACTUAL

1. *Los cambios en el medio ambiente global*

La degradación ecosférica está avanzando a una velocidad alarmante. Cada año 6 millones de hectáreas de tierras áridas productivas se transforman en desierto inutilizable, más de 11 millones de hectáreas de bosques son destruidas (la mayoría por conversión a tierra agrícola de baja calidad incapaz de sostener a los campesinos que radican en ella). En Europa las lluvias ácidas destruyen bosques y lagos y degradan la tierra más allá de toda esperanza razonable de recuperación. La quema de combustibles fósiles y la emisión de otros gases activos está produciendo un calentamiento global que podría llevar a cambios en las áreas climáticas y agrícolas de producción, a un ascenso de los niveles del mar con inundación de las ciudades costeras, y a la desorganización de economías nacionales. Ciertos gases industriales amenazan con debilitar la capa de ozono que protege al planeta de los rayos solares, a tal grado que la frecuencia de cáncer de piel en humanos y animales aumentará en gran medida y las cadenas alimentarias de los océanos se quebrantarán. La industria y la agricultura vierten sustancias tóxicas en la cadena alimentaria humana y en las reservas de aguas subterráneas que están fuera del alcance de las técnicas de purificación (World Commission on Environment and Development, 1987).

Todos los pueblos del mundo comparten los beneficios del funcionamiento de la ecosfera y el costo de la degradación ambiental; también comparten la responsabilidad de su mantenimiento, pero este acto de compartir es desigual. Los países industrializados más afluentes utilizan la mayor parte de los metales y combustibles fósiles del mundo, así como los productos alimenticios de uso más intensivo en recursos (véase cuadro 1).

Es posible distinguir dos fuentes principales de degradación ambiental en el mundo: las asociadas a los patrones predominantes de crecimiento económico en las sociedades afluentes (y a los sectores afluentes dentro de los países pobres), y las asociadas a la pobreza.

CUADRO 1. *Distribución del consumo mundial.
Promedios para 1980-1982*

Concepto	Unidades de consumo per capita	Países desarrollados (26% de la población)		Países en desarrollo (74% de la población)	
		Participación		Participación	
		Porcentaje en el consumo mundial	Per capita	Porcentaje en el consumo mundial	Per capita
Alimentos					
Calorías	Kcal/día	34	3 395	66	2 389
Proteínas	gms/día	38	99	62	58
Grasas	gms/día	53	127	47	40
Papel	kg/año	85	123	15	8
Acero	kg/año	79	455	21	43
Otros metales	kg/año	86	26	14	2
Energía comercial	mtce/año	80	5.8	20	0.5

FUENTE: World Commission on Environment and Development (1987).

Estos dos tipos de situaciones (*desarrollo insostenible* y *empobrecimiento insostenible*) frecuentemente difieren en los procesos pre-
valecientes que afectan la calidad de la vida y la ecósfera, pero no
están desvinculados. Desde una perspectiva de análisis más profunda,
afluencia y pobreza son aspectos complementarios del modelo pre-
valeciente de crecimiento económico mundial, un crecimiento dispa-
rejo caracterizado por una creciente desigualdad y asimetría entre
países ricos y pobres, y entre los sectores ricos y pobres dentro de
muchos países.

Compartimos con la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del
Desarrollo la profunda convicción de que un nuevo sendero de des-
arrollo es tan necesario como posible, y también la necesidad de un
camino que sostenga el progreso humano "no sólo en algunos lugares
y durante unos años, sino en todo el planeta y hasta un futuro lejano"
(World Commission on Environment and Development, 1987). La
urgente necesidad de una nueva solidaridad global es evidente, y sus
posibilidades (aun si todavía débiles) están, pensamos, creciendo; és-
tas requieren una voluntad política. Nuestra esperanza es que el pre-
sente estudio pueda contribuir, aunque sea modestamente, a ello.

CUADRO 2. Población y recursos naturales disponibles en diferentes regiones

	América Latina	África	Asia	Paises en desarrollo	Paises desarrollados	Mundo
Población 1980 (10 ⁶ personas) ^a	361	388	2 526	3 281 ^h	1 169	4 450
Porcentaje del mundo	8.1	8.7	56.8	73.7	26.3	100
Población 1985 (10 ⁶ personas) ^a	405	451	2 765	3 627 ^h	1 210	4 837
Porcentaje del mundo	8.4	9.3	57.2	75.0	25.0	100
Tierras potencialmente cultivables (10 ⁶ ha)	736	732	627	2 095	1 093	3 188
Porcentaje del mundo ^b	23.1	23.0	19.7	65.7	34.3	100
Tierras cultivadas en 1980 (10 ⁶ ha) ^c	170.9	150.5	466.7	788.1	672.1	1 460.2
Porcentaje del mundo	11.7	10.3	32.0	54.0	46.0	100
Cultivado/potencial	23.2	20.6	74.4	37.6	61.5	45.8
Pasturas permanentes en 1980 (10 ⁶ ha) ^c	546.4	634.9	717	1 898.3	1 268.9	3 167.2
Porcentaje del mundo	17.3	20.0	22.6	59.9	40.1	100
Bosques y sabanas en 1980 (10 ⁶ ha) ^d	1 084	1 152.2	366.8	2 603	2 341	4 944
Porcentaje del mundo	21.9	23.3	7.4	52.6	47.4	100
Bosques tropicales densos y abiertos en 1980 (10 ⁶ ha) ^d	885.5	703.5	331.3	1 920.3	0	1 920.3
Porcentaje del mundo	46.1	36.6	6.7	100	0	100
Escorrentía total (km ³ /año) ^e	10 380 ^g	4 225	9 544	24 149	14 671 ^g	38 820
Porcentaje del mundo	26.7	10.9	24.6	62.2	37.8	100
Escorrentía estable utilizable (km ³ /año) ^e	3 737 ^g	1 479	2 291	7 507	4 633 ^g	12 140
Porcentaje del mundo	30.8	12.2	18.9	61.8	38.2	100
Ganado (10 ⁶ cabezas) ^f (ca. 1980)	435	520	1 020	1 975	960	2 935
Porcentaje del mundo	14.8	17.7	34.8	67.3	32.7	100

^a FAO (1986). ^b Gallopin y Gómez (1978, p. 8). ^c FAO (1984). ^d FAO (1981); Hadley y Lanly (1984); A. E. Lugo (capítulo 8 del vol. I de esta obra) y Lanly (1985). ^e Myers (1984, p. 108). ^f Myers (1984, p. 36); incluye bovinos, ovinos, caprinos y equinos. ^g Datos para Suramérica; Centroamérica y México están incluidos con Norteamérica (en los países desarrollados). ^h Incluye "Otros países en desarrollo" (5.1 y 5.8 millones para 1980 y 1985).

2. *La situación relativa de la América Latina*

La región en conjunto está relativamente bien dotada en términos de recursos naturales. Con casi 8% de la población global, la América Latina tiene 23% de las tierras potencialmente cultivables, 12% de las tierras cultivadas, 17% de los pastizales, 23% de los bosques (y 46% de los bosques tropicales), y 31% del agua dulce de escurrimientos utilizable de manera estable (cuadro 2). Cuenta además con no menos de 3% de las reservas mundiales de combustibles fósiles y 19% del potencial hidroeléctrico técnicamente utilizable (cuadro 3).

La contribución de la América Latina al *calentamiento climático global* ocasionado por el bióxido de carbono es relativamente pequeña. La deforestación en la América Latina contribuye con 7.7% de la emisión global de bióxido de carbono. Su contribución total incluyendo las emisiones por consumo de combustibles fósiles puede ser estimada, como máximo, en 11.7% de la emisión total planetaria de bióxido de carbono producida por el hombre (en 1983).¹ Sin embargo, el consumo de combustibles fósiles ha estado creciendo con más rapidez que el promedio mundial (aunque menos que en Asia y África) (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1988).

La aceleración de la tasa de *extinción de especies* es un grave e irreversible problema global. Sólo alrededor de 1.7 millones de especies de organismos han sido identificadas hasta ahora, de un total estimado de entre 5 a 10 millones. Aproximadamente 35% de las especies identificadas se encuentra en los trópicos, que se estima contienen de 74 a 86% de todas las especies existentes en el planeta, centradas particularmente en los bosques húmedos tropicales (World Resources Institute, 1986). Las predicciones de las tasas de extinción varían enormemente. Según algunos autores, las mismas llegarán a 20-50% de todas las especies existentes al final de siglo, sobre todo debido a la destrucción de hábitat en los trópicos. Las últimas predicciones respecto a extinciones de especies en los bosques tropicales

¹ En 1983, 84% de la emisión global de bióxido de carbono se debió al consumo de combustibles fósiles, a la quema de gas a cielo abierto, y a la producción de cemento (75% de estas emisiones se originaron en los países desarrollados). La deforestación en las áreas tropicales del planeta (es despreciable en las zonas no tropicales) contribuye con el 16% restante de las emisiones. La tasa de deforestación anual promedio en la América Latina hacia 1980 es calculada en 0.61% de la superficie de sus bosques tropicales, representando 48% de la deforestación mundial, lo cual implica que la contribución regional a la emisión de bióxido de carbono por deforestación es de 7.7%. Fuentes: Detwiler y Hall (1988), World Resources Institute (1986), Hadley y Lanly (1984).

CUADRO 3. *Recursos energéticos disponibles en diferentes regiones (10⁹ tep). Combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y recursos hidroeléctricos*

	<i>América Latina</i>	<i>África</i>	<i>Asia^a</i>	<i>Países en desarrollo</i>	<i>Países desarrollados^a</i>	<i>Mundo</i>
Combustibles fósiles						
Reservas	19.9	37.3	155.7	212.9	422.2	672.4
Porcentaje del mundo	3.0	5.6	23.2	31.7	62.8	100
Recursos adicionales	45.2	159.3	1 104.5	1 309.0	6 044.6	7 353.6
Porcentaje del mundo	0.6	2.2	15.0	17.8	82.2	100
Hidroelectricidad						
Reservas	34.0	28.3	48.1	110.4	64.2	174.6
Porcentaje del mundo ^b	19.5	16.2	27.5	63.2	36.8	100
Potencial teórico	51.0	91.1	148.3	290.4	143.6	434.0
Porcentaje del mundo	11.8	21.0	34.2	66.9	33.1	100
Total						
Reservas	53.9	65.6	203.8	323.3	486.4	847.0
Porcentaje del mundo	6.4	7.7	24.1	38.2	57.4	100
Recursos adicionales	96.2	250.4	1 252.8	1 599.4	6 188.2	7 787.6
Porcentaje del mundo	1.2	3.2	16.1	20.5	79.5	100

FUENTE: Recalculado de UNEP (1982), Tycooly, Dublín (petróleo, gas y carbón); OPEC (1982) (hidroelectricidad). Factores de conversión: una tonelada de carbón equivalente = 0.60 tep; 10³ metros cúbicos de gas = 0.93 tep; 10³ terawatt-horas = 0.3*30 años tep.

^a Los recursos petroleros y gasíferos de China están sumados a los de la ex Unión Soviética.

^b Potencial técnicamente utilizable.

Debe tenerse en cuenta que los datos de reservas y recursos adicionales de los países en desarrollo implican probablemente importantes subestimaciones debidas al bajo nivel de exploración.

de la América Latina sugieren que en el año 2000 podrían alcanzar casi 10% de la biota total. De todos modos, esta cifra implica la pérdida de entre 30 mil y 100 mil especies tropicales, muchas de ellas desconocidas para la ciencia (Lugo, 1987) y con un valor económico también ignorado. Los resultados de las corridas de los modelos de simulación generados por el proyecto (Winograd, capítulo 18 del presente volumen) permiten inferir que, para el año 2030, las extinciones podrían alcanzar entre 100 mil y 350 mil especies.

Durante la presente década, *la contaminación del aire y el agua* en algunos países industrializados retrocedió debido a medidas de control. Sin embargo, para el mundo en conjunto la situación ha empeorado. La contaminación atmosférica en muchas ciudades del Tercer Mundo ha alcanzado niveles muy altos. Las industrias más dependientes de recursos ambientales, y las más contaminadoras, están creciendo con más rapidez en el mundo en desarrollo (World Commission on Environment and Development, 1987). Además, un número de corporaciones transnacionales está reubicando sus plantas contaminadoras en el Tercer Mundo, como respuesta a controles ambientales más severos dentro de los países industrializados. Un fenómeno relativamente reciente es la exportación de desechos industriales tóxicos desde los países desarrollados a los países en desarrollo, a menudo de manera clandestina.² Aunque África es el continente preferido, la América Latina no ha escapado a este fenómeno; cenizas tóxicas han sido descargadas también de modo clandestino en las costas de Haití (Langone, 1989), y Venezuela importó de Italia, abiertamente y bajo contrato, un cargamento de desechos tóxicos (UNEP News, 1988).

Las *lluvias ácidas*, asociadas sobre todo con la contaminación industrial, están afectando a Europa y Norteamérica, con consecuencias en potencia graves para los bosques, los climas locales, la erosión de suelos, sedimentación e inundaciones. Es probable que estos problemas aparezcan localmente también en algunas áreas de la América Latina (Myers, 1984). La contribución de la América Latina a la producción mundial de clorofluorocarbonos y halones (los primeros utilizados como propelentes de aerosoles, como refrigerantes y solventes, y en la manufactura de espumas plásticas, y los segundos

² Véase Craw y Walgate (1988) y Pacheco (1988). Langone (1989) calcula que en los dos pasados años unos 3 millones de toneladas de desechos peligrosos han sido transportados en barco desde los Estados Unidos y Europa Occidental hacia países de África y Europa Oriental.

como extinguidores de incendios), que son los principales destructores de la *capa de ozono* que rodea al planeta, es ínfima. El 95% de estos gases es producido por los países desarrollados,³ pero los efectos del adelgazamiento de la capa de ozono en el cáncer de piel y en la vida marina son globales.

La *desforestación* es posiblemente el problema más urgente por resolver relacionado con el uso de tierras. En la América tropical ha sido impulsada por la presión a desmontar más tierras para la agricultura, la especulación de tierras, el desarrollo de la ganadería comercial, y el crecimiento de población. En las regiones en desarrollo, las tasas anuales de desforestación para la década de los ochenta se estiman en 0.53% (África), 0.58% (Asia) y 0.61% (América Latina), con excepción de Centroamérica, donde la tasa aumenta a 1.34% (Hadley y Lanly, 1984). La agricultura migratoria es responsable de 33% de la desforestación en Suramérica; cifras de 49 y 70% se mencionan para Asia y África, respectivamente. Aun pequeños volúmenes de conversión a tierra agrícola en bosques tropicales por lo general tienen efectos graves e inmediatos, resultando en niveles altos de erosión, inundaciones y pérdidas de nutrientes. Por otra parte, la reforestación es muy baja en todas las áreas en desarrollo. La proporción entre reforestado y desforestado es 1:10.5 en la América Latina (1:15.5 en sus áreas tropicales), 1:29.0 en África y 1:5.5 en Asia.

Los pronósticos preliminares acerca de los efectos a largo plazo de la *erosión de suelos* no controlada sugieren grandes disminuciones de las tierras potencialmente cultivables de secano. Llegarían a 36% de las tierras de cultivo en el Sureste de Asia, 30% en Centroamérica, 20% en el suroeste de Asia, 16% en África y 10% en Suramérica (Higgins y otros, 1982).

La *desertificación* es otro obstáculo a la producción. Cerca de 61% del total de tierras áridas productivas del mundo están entre moderada a muy severamente desertificadas. En la América Latina el porcentaje es de 71%, en Asia 72%, en África 84% y en las regiones desarrolladas 36%.⁴ Los sistemas de riego mal diseñados e implementados han causado *anegación, salinización y alcalinización* de suelos. Los

³ Véase el informe acerca de la Conferencia Internacional para la Protección de la Capa de Ozono realizada del 5 al 7 de marzo de 1989 en Londres, aparecido en el diario *Página 12*, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Recalculado de World Resources Institute (1986, p. 278). Generalmente, la desertificación moderada implica una pérdida de productividad menor a 25%; la desertificación grave causa una pérdida entre 25 y 50%, y la muy grave una pérdida mayor de 50 por ciento.

cálculos indican que 10 millones de hectáreas regadas son abandonadas cada año (World Commission on Environment and Development, 1987).

Las *pasturas* en general están mal manejadas y su productividad está declinando. Algunos países, en particular de la América Latina y África, están presionando los pastizales hasta sus límites ecológicos (World Resources Institute, 1986).

3. *La situación ecológica actual en la América Latina*

La problemática ambiental abarca aspectos muy diversos, desde los estrictamente ecológicos hasta diferentes factores de tipo social que afectan la satisfacción de las necesidades humanas y la calidad de vida de las personas en los ámbitos urbano, rural y natural.⁵ El análisis presentado en este capítulo se centrará en los grandes ambientes regionales naturales o alterados por el hombre (grandes ecosistemas naturales, biomas o zonas de vida, como los bosques húmedos tropicales, los desiertos, las grandes cuencas hídricas, etcétera) y en los modificados o artificializados como las tierras agrícolas, las de pastoreo, los bosques bajo manejo, etcétera. Los problemas más localizados y conocidos de los ambientes construidos por el hombre (asentamientos humanos, infraestructura de transporte, etcétera) serán mencionados de paso.⁶ Los principales grandes ambientes naturales latinoamericanos descritos en términos muy generales son los siguientes:⁷

a) *Bosques húmedos tropicales (basales, premontanos y montanos)*. Estos bosques forman una franja alrededor del ecuador con un clima estable de lluvias y temperaturas. Las características de tales ecosistemas varían con la altitud y las precipitaciones. Están principalmente representados, en la América Latina, por las selvas amazónicas; las características climáticas dan origen a formaciones similares en el Pacífico colombiano, en Centroamérica y México y las zonas montañas brasileñas. A medida que aumenta la altitud, el clima fresco se acompaña de un cambio en la vegetación, apareciendo los

⁵ El concepto general de ambiente y el concepto de ambiente humano han sido analizados por el autor en los siguientes trabajos: Gallopín (1980b), (1981b), (1981c), (1982b) y (1986b).

⁶ El proyecto de Prospectiva Tecnológica incluye otro estudio específicamente dirigido al ambiente urbano y a los procesos de urbanización (véase Gutman, 1987).

⁷ El estudio se realizó en las 18 zonas de vida (abarcando 33 grandes ecosistemas) que cubren la América Latina; esta descripción representa, en lenguaje no técnico, un reagrupamiento de las mismas.

bosques de neblina o bosques montanos, con árboles más bajos y con abundantes epífitas. Estos bosques densos se caracterizan por la presencia de coníferas como el *Podocarpus*. Se encuentran en las tierras altas de Guayana y Brasil, los Andes suramericanos y las zonas serranas de Centroamérica y México. En conjunto, este gran tipo de ecosistemas cubre un área aproximada de 9 375 000 kilómetros cuadrados, representando 45.9% de la superficie de la región.

b) *Puna y páramo*. Cuando se alcanza el límite del crecimiento de los árboles (a unos 4 mil metros de altura en los trópicos), aparecen zonas con una vegetación adaptada a las duras condiciones climáticas (heladas, fuertes vientos, etcétera) como son los bosquecillos puneños, las estepas y pajonales puneños y parameros y los rosetales. Abarcan 922 mil kilómetros cuadrados, o el 4.5% de la superficie total.

c) *Manglares y deltas tropicales*. En la desembocadura de los ríos de la zona tropical se encuentran los deltas, bosques inundables y manglares, formaciones principalmente arbóreas propias de los estuarios tropicales caracterizadas por la zonificación de especies adaptadas a las condiciones de inundación y salinidad. En contraste con la exuberante diversidad de los bosques tropicales, estos ecosistemas son pobres en especies. El área total es de aproximadamente 186 mil kilómetros cuadrados, representando sólo 0.9% de la superficie de la América Latina (aunque generan entre 40 y 60% de la pesca costera para las áreas tropicales y subtropicales de la región).

d) *Bosques secos tropicales y subtropicales y sabanas y pastizales tropicales*. A medida que aumenta la distancia al ecuador, las lluvias se tornan estacionales y el bosque tropical pasa gradualmente a bosques secos tropicales y subtropicales con una fisonomía cada vez más abierta hasta llegar a las sabanas y pastizales tropicales. En estas formaciones estacionales predominan especies adaptadas a la duración de la estación seca, las condiciones del suelo y los incendios recurrentes. Los primeros se encuentran representados por los cerrados brasileños y las formaciones arbustivas y espinosas del Caribe y la caatinga, al igual que los bosques caducifolios del Chaco y de Centroamérica y México. Cubren 4 747 000 kilómetros cuadrados, o 23.3% de la superficie. Los llanos y sabanas tropicales abarcan cerca de 1 066 000 kilómetros cuadrados, es decir, 5.2% de la región.

e) *Bosques húmedos templados*. En las zonas templadas de la región, hasta en las más australes, se encuentran bosques y selvas, incluyendo masas boscosas caducifolias, perennifolias y algunos pastizales, que forman una vegetación arbórea tan densa en ciertas zonas

como cualquier bosque húmedo tropical. Son características de estos bosques las especies coníferas del Hemisferio Sur como la araucaria, los cipreses y los *Nothofagus*. Estas formaciones cubren unos 339 mil kilómetros cuadrados, o 1.7% de la superficie de la América Latina.

f) *Desiertos y semidesiertos*. Desde la cordillera de los Andes hacia el este y el oeste, las precipitaciones disminuyen, dando paso a comunidades vegetales de zonas áridas y semiáridas templadas como la estepa patagónica y el espinar chileno. Otros de los espacios de la región carentes de árboles, por causa de la aridez, son las zonas desérticas y semidesérticas de la costa chileno-peruana y el desierto mexicano. Se caracterizan por la vegetación espinosa y/o herbácea adaptada a condiciones extremas de lluvia y temperatura, y a la ausencia casi total de cobertura vegetal. Estos ecosistemas poseen una extensión de 2 744 000 kilómetros cuadrados, o sea 13.4% de la superficie total.

g) *Sabanas y pastizales subtropicales*. Por último, cabe destacar otra superficie casi sin bosques pero con características climáticas y de suelos muy diferentes a las anteriores, como son las sabanas subtropicales (o pampas). Esta zona presenta una fisonomía de praderas y pastizales con algunas islas de bosques caducifolios, con suelos muy fértiles; hoy se ocupa totalmente para la producción agrícola-ganadera. Abarcan una superficie de 1 038 000 kilómetros cuadrados, o 5.1% de la región.

Los ecosistemas de la América Latina representan las bases ecológicas para el desarrollo de la región, proporcionando bienes y servicios esenciales para el funcionamiento humano social e individual. Sin dejar de lado las razones éticas, científicas y filosóficas que apuntan a la necesidad de la conservación ecológica y a la solidaridad humana con todas las especies generadas por el proceso de la evolución de la vida en el planeta, este capítulo se centrará primero en la importancia de los ecosistemas para la *supervivencia humana* y para mantener o mejorar la *calidad de vida* de los seres humanos. Se entiende aquí como calidad de vida (Gallopín, 1981a) a la resultante de la salud (que depende de la cobertura de las necesidades humanas materiales y no materiales) y del sentimiento de satisfacción (evaluación subjetiva de la cobertura de deseos y aspiraciones) de las personas.⁸

⁸ Cabe destacar que el concepto de calidad de vida utilizado no se restringe a las condiciones de bienestar o comodidad, sino que tiene también validez para las situaciones de privación extrema, incluyendo las que llevan a la muerte de la persona (o sea, a cero calidad de vida).

Desde la perspectiva del desarrollo, dos categorías fundamentales son: *i*) los *recursos naturales renovables*, que representan insumos necesarios para procesos productivos actuales o futuros, y *ii*) las funciones y procesos ecológicos que proporcionan las *condiciones vitales* esenciales para la vida humana individual y social, como la regulación del equilibrio hídrico y de las inundaciones, la capacidad de dilución y descomposición de contaminantes, la regulación de la erosión, el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, la determinación de oportunidades y limitaciones climáticas o edáficas a las actividades humanas, etcétera. La degradación de la base ecológica de la región es, por lo tanto, un problema preocupante no sólo por su valor intrínseco como parte de la naturaleza o por razones de orden filosófico y ético, sino ante todo porque los ecosistemas afectados constituyen la base ecológica de la producción y de la habitabilidad, y además aportan los recursos y “servicios” fundamentales para el desarrollo.

La mayor parte de los análisis de la historia reciente de la América Latina indican con claridad tasas de deterioro ecológico muy altas y aceleradas, como desforestación, desertificación, erosión y agotamiento de suelos, contaminación agrícola, industrial y doméstica, acumulación de desechos, vulnerabilidad creciente ante derrumbes, sequías e inundaciones catastróficas (Sunkel y Gligo, 1980; Dourojeanni, 1982; CEPAL-PNUMA, 1983). El problema no consiste en la mera transformación o alteración de los ecosistemas naturales, sino en la modalidad y resultado de estas transformaciones, que implican una degradación de la base ecológica de la producción, una verdadera pauperización y destrucción de los recursos naturales renovables y los procesos ecológicos vitales de la región. Muchas de estas alteraciones, tales como la desertificación y la erosión de los suelos, son irreversibles en términos prácticos. Los principales grandes ecosistemas en los que estos problemas son más agudos han sido identificados en el presente estudio (véase Winograd, capítulos 4 y 18 de esta obra).

Grandes aspectos temáticos que implican oportunidades o restricciones ambientales principales en el ámbito regional o subregional para el desarrollo sostenible deben ser subrayadas. Las más importantes son: *i*) las limitaciones de fertilidad de los suelos rojos tropicales (que cubren 50% de Suramérica) para la agricultura clásica; *ii*) la utilización sostenible de los desiertos y semidesiertos (que cubren 15-20% de Suramérica y 35-40% de Mesoamérica) y de los recursos

y corrientes superficiales y subterráneas de agua dulce; *iii*) el manejo sostenible de los bosques tropicales y de sus funciones ecológicas; *iv*) el manejo y protección del germoplasma regional y de la vida silvestre; *v*) el incremento sostenible de los rendimientos agrícolas y el manejo sostenible de la ganadería; *vi*) la valorización y utilización de la experiencia cultural empírica de la región en manejo agroecológico y de utilización de la fauna local; *vii*) el manejo y conservación de los ecosistemas frágiles; *viii*) el manejo y la recuperación de los ambientes regionales degradados y/o sobrecargados (zona andina, áreas costeras e isleñas, áreas desforestadas, desertificadas y sobrepastoreadas, metrópolis, etcétera); *ix*) el conocimiento y manejo de los ecosistemas alterados (de gran prioridad estratégica por su importancia y ocupación) y de los neoeosistemas estabilizados generados por las acciones humanas; *x*) el conocimiento y tratamiento de los ciclos biogeoquímicos regionales y subregionales, y la implementación de la coordinación entre países en cuanto a las actividades humanas que los afectan, y *xi*) la subutilización de las tierras agrícolas en la región (en promedio sólo se cosecha 65% de las tierras arables).

4. *Las causas de la degradación ecológica*

El análisis comparativo de más de veinte casos de explotación de recursos naturales renovables en la América Latina (incluyendo proyectos de colonización dirigida, colonización promovida por la construcción de vías de acceso, explotaciones masivas con alta tecnología, y ocupaciones "espontáneas") (Gazia y otros, 1985 y Sancholuz y otros, 1985, informes internos del proyecto PTAL) muestra que casi todos resultaron en fuertes degradaciones ecológicas con importantes consecuencias socioeconómicas negativas para las poblaciones supuestamente beneficiadas por los desarrollos. En la mayoría de los casos, *las causas inmediatas* del fracaso se deben atribuir a factores humanos: improvisación, graves errores de planeación y gestión, negligencia en tomar en cuenta variables ecológicas conocidas, racionalidad económica de las empresas, pobreza campesina, etcétera.

El análisis de la experiencia reciente parece indicar que, en la América Latina, los fracasos ecológicos de las acciones de desarrollo están menos ligados a una carencia real de datos acerca de los ecosistemas y sus respuestas o a una fragilidad ecológica intrínseca, que a una mala planeación y gestión de los mismos. Si bien existen

grandes lagunas de conocimiento respecto al funcionamiento de los ecosistemas de la región, y unos pocos de ellos son en especial frágiles, estos no fueron los factores que operaron en los casos analizados. Es decir, que en la interacción entre los sistemas humanos y los ecosistemas naturales, la mayor parte de los problemas ha surgido no por un comportamiento aparentemente "perverso" o impredecible de los sistemas ecológicos sino por un comportamiento aparentemente irracional de los agentes sociales. Se define como "aparentemente irracional" porque parece cada vez más claro que, tanto en lo que concierne a organismos gubernamentales como a campesinos individuales, los comportamientos "irracionales" se explican, en la mayoría de los casos, en términos o bien de factores condicionantes específicos (acceso a la tecnología o a los medios de producción, pautas culturales preexistentes, políticas económicas, etcétera) o bien de diferentes racionalidades, lo que puede llevar a que el desempeño de un conjunto de actores sociales públicos y privados, operando cada uno de manera racional en el marco de sus situaciones e intereses específicos, aparezca como globalmente irracional, sobre todo en el largo plazo.

Históricamente, las características naturales y culturales de la América Latina han sido vistas en general como limitaciones al desarrollo, favoreciendo la homogeneidad sobre la diversidad, los monocultivos sobre los policultivos diversificados, y las variedades introducidas sobre el germoplasma local. Uno de los mitos más comunes ha sido el que los recursos naturales eran ilimitados. Esto resultó en la aplicación de modelos de desarrollo que no respetaron las limitaciones ni aprovecharon las oportunidades ambientales regionales. En consecuencia, sólo se cosecha por año 65% de las tierras cultivadas, y la agricultura está a menudo localizada en áreas incapaces de producir de manera sostenible con las tecnologías aplicadas (monocultivos en las planicies y laderas tropicales, ganadería vacuna y ovina en las zonas andinas, remplazo de bosques por pasturas, etcétera). Por otra parte, los bosques han sido considerados por lo general como tierras a ser reconvertidas y como fuentes de leña y carbón, desperdiciando la mayor parte de su potencial. La América Latina, con más de 40% de los bosques densos del mundo, participa de manera muy marginal en el mercado de exportación de madera. Aunque posee una enorme riqueza en especies animales y vegetales, en las actividades agrarias de la región (incluyendo la agricultura, ganadería y plantaciones) predomina un pequeño número de variedades introduci-

das, pasando por alto el aprovechamiento de variedades locales más adaptadas a las condiciones ecológicas propias. Esta modalidad de manejo de los recursos naturales de la región está contribuyendo a generar algunos de los grandes problemas ambientales: erosión hídrica y eólica; desertificación y arbustificación; destrucción de bosques y cuencas hídricas; creciente escasez de agua y leña; crecientes efectos y vulnerabilidad ante inundaciones y sequías, y pérdida del germoplasma.

La deforestación, la sobreexplotación de los recursos y la denudación del suelo han resultado en la pérdida y la lixiviación de los recursos edáficos generando deslizamientos, corrientes de barro, cárcavas y otras manifestaciones de erosión grave en las selvas montanas y premontanas de Centroamérica, el Caribe, México, los países andinos y el Brasil. Las pérdidas de suelo pueden alcanzar 35 toneladas por hectárea (Lugo y otros, 1981). Los mismos procesos que destruyen los recursos en las altas cuencas están incrementando la sedimentación y el escurrimiento en los ecosistemas aguas abajo, así como las inundaciones y la colmatación de embalses en muchas áreas (páramos, bosques húmedos montanos y premontanos de las zonas tropicales, subtropicales y templadas de Centroamérica, México y el Caribe, y también en los países andinos, en el Brasil, la Argentina y en Chile). El aumento de la escorrentía superficial y la construcción de infraestructura de transporte, junto con la manera de usar las tierras, han alterado los sistemas de drenaje generando inundaciones en las pampas y en los bosques secos subtropicales. Procesos irreversibles como la desertificación y la arbustificación debidas al sobrepastoreo y a la excesiva extracción de madera para leña y carbón han afectado vastas áreas en la Puna, la Patagonia, los bosques tropicales secos y muy secos, las estepas y los arbustales desérticos (véase cuadro 11 del capítulo 18 del presente volumen).

En términos de *causas más profundas*, el deterioro ecológico del continente es producto sobre todo del funcionamiento de las estructuras socioeconómicas prevalecientes, con sus dinámicas y contradicciones internas, pero asociadas claramente a un estilo o modelo de desarrollo que, aun antes de la crisis actual, era cada vez menos viable. Este estilo es (Sunkel y Gligo, 1980, y P. Gutman, capítulo 13 del presente volumen): imitativo y consumista; dinamizado por las empresas transnacionales; tendiente al aumento de la dependencia externa y a la concentración del ingreso concomitante a la marginalización de gran parte de la población; concentrador espacial de la

población, los recursos financieros y la producción; homogeneizador de las pautas de producción, consumo, comercialización y culturales; favorecedor de la importación indiscriminada de tecnología; intensificador de la explotación de los recursos naturales para la exportación; favorecedor de externalizar los costos ambientales por parte de las empresas; y con tendencias a la artificialización irrestricta de la naturaleza. Este estilo es el gran macrodeterminante de la aceleración del deterioro ecológico en la América Latina.

5. Tendencias previas a la nueva Revolución industrial

Los pronósticos (Dourojeanni, 1982) hechos a principios de los años ochenta anticipaban que las tierras agrícolas (incluyendo barbechos) aumentarían de 9% de la superficie territorial a 14% en el año 2000. La mayor parte de esta tierra provendría del Alto Amazonas (Andes orientales) con consecuencias ecológicas catastróficas debido a la fragilidad de los suelos. Una situación similar se esperaba para Centroamérica, con una expansión de la agricultura avanzando a costa de los bosques de protección. Es probable que las pasturas crezcan de 26% de la superficie total a 34%, principalmente a costa de los bosques naturales, los cuales disminuirían de 49 a 33%, o aun quizás a 20%. Las áreas sin uso, urbanas y no utilizables, cambiarían de 16% a 18-20%, aumento atribuible a la desertificación. Se anticipaba que la contaminación atmosférica y de aguas dulces tendería a aumentar mucho, así como la de los mares, que ya es grave en el Caribe.

Probablemente se extinguirían muchas especies, así como ecosistemas completos, como los bosques de *Araucaria* del Brasil, los de *Podocarpus* en distintos países, ciertos bosques del sur de Chile, el pantanal del Mato Grosso, etcétera. Las tendencias llevaron a anticipar que para toda la región los problemas ecológicos se agravarán y podrían llevar a un colapso en las primeras décadas del siglo XXI, asociado a la incapacidad de las modalidades de agricultura predominantes y ecológicamente degradantes (y en particular la ganadería) para alimentar a la población de ese momento.

Es importante destacar que los análisis en los que se apoyan las predicciones esbozadas antes fueron hechos en su mayor parte a principios de la década, y por lo tanto no toman en consideración las actuales presiones adicionales hacia la sobreexplotación de la base ecológica productiva con destino a la exportación para el pago de los intereses de la deuda externa (lo que significa que los recursos natu-

rales de la región se están usando cada vez más no para el desarrollo, sino para pagar a los acreedores externos, pago que implica no sólo transferencia de recursos, sino también internalización de la degradación ecológica), ni tampoco las asociadas al actual deterioro de los términos de intercambio internacional (World Commission on Environment and Development, 1987 y Centro Tepoztlán-Programa Latinoamericano de Sistemas Ambientales, México, 1987, informe). Esto permite anticipar una exacerbación de las tendencias de degradación ecológica regional, mientras que, por otro lado, se están reduciendo o cancelando los grandes proyectos de desarrollo y colonización. Este análisis de tendencias tampoco toma en cuenta el efecto de las nuevas tecnologías en la ecología de la región, tema que se analiza en la próxima sección. Todos estos datos nos llevan a indicar que el modelo o estilo de desarrollo hasta ahora predominante (y en la actualidad en crisis) no es ecológicamente sostenible, y por lo tanto no es viable a largo plazo.

II. EL ESCENARIO PREDOMINANTE

1. *Caracterización del escenario*

Con base en la situación inicial y en las tendencias visibles, se ha especificado un escenario probable como marco para anticipar futuros cambios ecológicos en la región durante los próximos cincuenta años. Este escenario implica una continuación parcial del estancamiento actual seguido por un aumento moderado del crecimiento económico, pero más bajo que antes de la crisis actual (Furtado, proyecto PTAL informe interno, Río de Janeiro, 1984 y Gallopín, 1986a). El modelo de desarrollo no tendría cambios fundamentales, y habría una creciente influencia de las corporaciones transnacionales. La nueva ola tecnológica entraría esencialmente con determinación exógena (Lahera y Nochteff, 1983), manteniendo la región su actual actitud pasiva y defensiva.

El desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías en la región tiene el potencial para producir cambios ambientales muy significativos (tanto beneficiosos como perjudiciales). Es posible anticipar que tales cambios resultarán en efectos importantes en los ecosistemas latinoamericanos, implicando mayores efectos en la sustentabilidad ecológica de las actividades productivas, alteraciones en los ciclos subregionales del agua y los nutrientes, cambios en los rendimientos

agrícolas, desaparición de algunos ecosistemas y aparición de nuevos ecosistemas, cambios en la oferta ecológica de recursos naturales, modificaciones en los factores limitantes y las restricciones ecológicas, etcétera. Estos efectos se pueden agrupar en dos conjuntos básicos: efectos indirectos y efectos directos.

Se generarán efectos ambientales *directos* mediante la utilización de las nuevas tecnologías en relación con los cultivos alimenticios, industriales y energéticos; la explotación de nuevos recursos naturales renovables y no renovables, la creación y dispersión de nuevas formas biológicas, la emisión de nuevas sustancias al ambiente, etcétera. Los efectos ambientales *indirectos* se generarán mediante los reajustes sociales, económicos, políticos y demográficos que se darán como consecuencia de cambios en los precios y demandas, en la organización social del trabajo, en los sistemas de producción, en el empleo, en la división internacional del trabajo, en los servicios, y en la relocalización y naturaleza de actividades y asentamientos humanos, inducidos por la penetración de la nueva ola tecnológica.

La predicción detallada de las transformaciones ecológicas a mediano plazo dentro de la región es sumamente difícil, debido a las siguientes razones:

i) La multiplicidad de los cambios socioeconómicos que ocurrirá, representando, más que una suma de transformaciones aisladas, verdaderos *complejos causales interconectados*. Es obvio que intentar definir los efectos de la nueva ola tecnológica como suma de efectos puntuales específicos asociados a cada tecnología (como si todo lo demás siguiera igual) es inaceptablemente simplista. Lo que en realidad se verá en la región será un conjunto de grandes, profundas y turbulentas transformaciones de nuestras sociedades, transformaciones multidimensionales y multicausales. Con toda probabilidad, los efectos ambientales indirectos serán mucho más extendidos y penetrantes que los directos. Las principales consecuencias ambientales estarán asociadas a reestructuraciones drásticas de los sistemas de producción y consumo, incluyendo nuevos paquetes tecnológicos integrados, y nada resultaría más erróneo que restringir el análisis a identificar efectos directos, tecnología por tecnología. Esto es fácilmente demostrable si se piensa en la experiencia del pasado. Por ejemplo, una prospectiva puntual hecha en los años de la posguerra referida a los posibles efectos ambientales directos al introducir el tractor hubiera podido identificar consecuencias tales como la compactación de los suelos, y cierta contribución a la contaminación

atmosférica. Estos efectos ocurrieron, pero resultaron triviales en comparación con el enorme y extendido efecto ambiental de la mecanización agrícola que, integrada con otras técnicas (fertilizantes, nuevas variedades, herbicidas), y operando en el contexto socioeconómico prevaleciente, contribuyó a cambiar profundamente los sistemas productivos en toda la región y a la marginalización de grandes masas campesinas que no tuvieron acceso a los nuevos medios de producción. Los efectos ecológicos de estos nuevos sistemas agrícolas, así como los de los campesinos expulsados hacia las tierras de alta vulnerabilidad, excedieron enormemente el marco de los efectos directos asociados al tractor.

ii) El futuro ecológico de la América Latina dependerá en sumo grado de las grandes opciones sociales que se tomen en la región, exigidas por la manifestación de la inviabilidad del estilo de desarrollo actual. Los atributos básicos de las estrategias de desarrollo son los grandes determinantes del cómo, dónde y para qué se aplican las tecnologías, y por lo tanto de la localización, signo e intensidad de los efectos (Gallopín, 1981b y 1982a).

iii) La prospectiva ecológica no puede reducirse a la extrapolación directa de las trayectorias históricas hacia el futuro. La razón principal radica en que los ecosistemas (y los sistemas ecológicos en general) no son meros receptores pasivos de las acciones humanas; por lo contrario, muestran una compleja dinámica propia que resulta en respuestas ecológicas a menudo inesperadas, determinadas por las complicadas interacciones entre las acciones humanas y los procesos y "lógica" ecológicos, llevando tanto a comportamientos homeostáticos (dentro de ciertos límites), como a discontinuidades bruscas; a retrogresiones pero también a evoluciones hacia nuevas configuraciones (Clark y Munn, 1986 y Gallopín, 1980a y 1983). Estas consideraciones, sin negar la posibilidad de predicción a nivel ecosistémico (en particular en el caso de perturbaciones extremas) sugieren la necesidad de manejar con prudencia el pensamiento extrapolativo, en especial durante periodos de cambio intenso como el actual. Los avances del conocimiento y la racionalización social y ambiental de las actividades humanas bien pueden llevar en el futuro no muy lejano a la aparición y reproducción de nuevas configuraciones ecológico-sociales actualmente inimaginables.

Los principales interrogantes acerca del futuro ecológico de la América Latina se centran entonces en dos aspectos básicos: por un lado, cuáles serán los cambios en la localización y naturaleza de las

acciones humanas predominantes en la región (lo que depende de manera fundamental de las respuestas sociales nacionales y regionales a la crisis y a la ola de innovaciones tecnológicas); por otro lado, cuáles serán las *respuestas ecológicas* frente al conjunto cambiante de acciones humanas (lo que depende del funcionamiento ecológico de los diferentes ecosistemas, así como de su condición actual). Los dos aspectos (pero sobre todo el primero) son inciertos, imposibilitando las predicciones detalladas y rigurosas.

Sin embargo, es posible avanzar en tres líneas. La primera se basa en la posibilidad de sugerir la dirección de los posibles efectos ambientales relativamente *directos* de la difusión de las nuevas tecnologías; teniendo en cuenta el análisis precedente, es obvio que se tratará de efectos potenciales cuya materialización dependerá tanto de la configuración socio-tecno-económica total (incluyendo la articulación de las nuevas tecnologías con las preexistentes) como de las decisiones políticas implementadas (incluyendo la política ambiental). Los apéndices 1 al 4 presentan los resultados de un intento en este sentido, para cada uno de los grandes ámbitos representativos de la nueva ola tecnológica, y permiten visualizar parcialmente la complejidad de las implicaciones ambientales de posibles combinaciones y potenciaciones entre diferentes desarrollos tecnológicos.

La segunda línea, que se desarrollará a continuación, implica la exploración de los posibles efectos *indirectos* asociados a las transformaciones generales que se esperan en la región. La tercera línea consiste en identificar un escenario normativo, indicando la dirección de las medidas estratégicas a tomar para reiniciar una trayectoria de desarrollo viable y deseable, intrínsecamente compatible con el ambiente, y las probables consecuencias de esas medidas, así como prever en términos generales el tipo de implicaciones ambientales de tal escenario socioeconómico. Esta línea se presenta en la sección III. Con respecto a los efectos ambientales indirectos en la región, asociados con los cambios socioeconómico-tecnológicos de la posguerra, ya se mencionó en la sección anterior el papel del estilo de desarrollo que prevaleció hasta nuestros días. Tales factores son los que han llevado a la región a su situación presente. ¿Cuáles son las tendencias inherentes en el cambio futuro?

Un primer punto central es que esta "tercera Revolución industrial" no representa (en cuanto a su origen) una transición a una nueva formación social, sino una revolución producida dentro de la formación social capitalista, y generada por ella. Esta Revolución indus-

trial, y el nuevo paradigma tecnoeconómico dominante, asociados a la emergencia de un nuevo modelo económico, social y cultural, representa la respuesta del "capitalismo de organización" a la crisis de agotamiento de las potencialidades del paradigma surgido de la posguerra para asegurar el crecimiento económico y político de las grandes organizaciones estatales y privadas de los países más industrializados. El nuevo paradigma sería así un producto de esas grandes organizaciones, con potencialidades que responden funcionalmente a las necesidades de las mismas, que lo generan, hegemonizan y desarrollan. En consecuencia, el aumento de grados de libertad para la sociedad humana permitido por el cambio técnico, tiende a distribuirse de manera desigual; la nueva libertad es adquirida sobre todo por las grandes organizaciones de los países más avanzados.⁹

Entre las tendencias centrales del nuevo paradigma figuran la concentración del poder en las grandes organizaciones; la distribución crecientemente asimétrica del ingreso entre clases sociales y naciones; y la pérdida de autonomía de los países en los que las organizaciones mayores (es decir las empresas transnacionales y los Estados más poderosos) no tienen su núcleo principal de dirección, actividad y desarrollo. Estas tendencias, negativas en general para la América Latina, son las que surgen de la lógica del proceso tal como se originó y se está dando, y las que afectarían a la región de continuar la actual determinación (en esencia exógena) de la incorporación del cambio tecnológico.

Los efectos generales previsibles¹⁰ (y empíricamente documentados en sus fases actuales) respecto a la América Latina estarán centrados en la *pérdida de autonomía* de los países de la región para definir

⁹ Véase Nochteff (1987), quien sistematiza la bibliografía respecto al tema y presenta un lúcido análisis del origen, tendencias y efectos socioeconómicos actuales y probables de la América Latina en la presente Revolución industrial. Ese análisis se centra en el llamado "complejo electrónico" (microelectrónica, informática y telecomunicaciones), que constituye el núcleo de esa revolución; sin embargo, sus conclusiones principales se pueden extender en gran parte a las otras nuevas tecnologías, las que comparten varias características importantes e interactúan sinérgicamente entre sí. Además, la biotecnología, los nuevos materiales y las nuevas fuentes de energía tenderán a estar subordinadas al sistema tecnológico centrado en la microelectrónica (Pérez, 1986). En términos generales, el principal efecto directo de la microelectrónica se centrará en los servicios y en la industria manufacturera, mientras que el de la biotecnología afectará de manera más directa a la agricultura, a la minería y al sector primario en general, al igual que a la industria química. En este sentido, el desarrollo de la biotecnología llena un vacío dejado por el complejo de tecnologías de la información; ambas tecnologías se complementan en varios niveles (Pérez, 1986).

¹⁰ Notcheff, *ibid.*

los patrones de producción, consumo y distribución; en la *transferencia del proceso del pensamiento* al exterior (mediante la acelerada incorporación de habilidades —aun intelectuales— en los bienes de capital, de la corriente de datos y decisiones transfrontera, etcétera); en el *crecimiento de la brecha de ingresos* entre los países avanzados y los de la región (por las diferencias crecientes en productividad y en capacidad de acumulación de capital, por el aumento de la brecha tecnológica, por la reducción de las ventajas comparativas basadas en la mano de obra barata o en las materias primas en favor de las asociadas al grado de desarrollo científico-tecnológico, por la subutilización de los bienes de capital de alta tecnología existentes en la región, etcétera); en el *desempleo tecnológico* (aunado a una polarización del perfil de calificación de la fuerza de trabajo en detrimento de la mano de obra calificada); en la *distribución regresiva del ingreso* (entre clases sociales y entre naciones); en la *concentración del poder* en las grandes organizaciones de los países más avanzados (en particular las empresas transnacionales); y en la tendencia estructural al *desequilibrio del sector externo* de la economía regional (por la necesidad creciente de importar los bienes de capital para mantener la competitividad de las demás ramas de actividad). Las implicaciones ecológicas fundamentales de este escenario (posible y viable a plazo relativamente largo) son profundas y variadas.

En el ámbito *mundial* los acuerdos, sobre todo entre países industrializados,¹¹ junto con las características intrínsecas del nuevo paradigma tecnológico (en particular el ahorro de energía y materias primas, y la capacidad de reciclar y recuperar subproductos de posible valor comercial en plantas de ciclo cerrado, multiproducto y sin efluentes) tenderán a desacelerar y por último tal vez a revertir el deterioro ecológico de escala planetaria (aumento de la temperatura mundial por el efecto invernadero, cambios en las zonas climáticas, destrucción de la capa de ozono, contaminación marina y atmosférica, agotamiento de las pesquerías marinas, etcétera). La mayoría de estos problemas afectan a todos los países del mundo, aunque han sido generados en su mayor parte por los países industrializados. El efecto directo en la América Latina de esta reducción del deterioro planetario sería, obviamente, positivo desde el punto de vista ecológico.

¹¹ Por ejemplo, el reciente acuerdo para reducir planeadamente la producción de compuestos de clorofluorocarbono que afectan la capa de ozono, los acuerdos internacionales de la pesca de ballenas, etcétera.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el mundo industrializado ya ha utilizado gran parte del capital ecológico planetario¹² —tanto en términos de recursos naturales como de capacidad planetaria de absorción y dilución de desechos y contaminantes— y las preocupaciones de los países avanzados, junto con la ya mencionada pérdida de autonomía de la región, favorecen la posibilidad de que el Primer Mundo imponga nuevas condiciones al crecimiento económico del Tercer Mundo, condiciones basadas en consideraciones ambientales planetarias. Es previsible, por otra parte, una contratendencia representada por un acuerdo entre los países avanzados y sus grandes organizaciones con el objetivo de contribuir al alivio de la pobreza extrema en los países en desarrollo, particularmente en los aspectos y localizaciones que afectan al ambiente planetario.¹³

La problemática ambiental planetaria representará seguramente en el futuro uno de los ámbitos más claros de interdependencia (y por lo mismo, de espacio de negociaciones) entre los países industrializados y los países en desarrollo.¹⁴ En muchos otros aspectos, la revolución tecnoeconómica posibilita una autonomía cada vez mayor de los países avanzados con respecto al mundo en desarrollo y a los recursos planetarios.¹⁵

En el ámbito *regional y nacional* la situación parece mucho más

¹² Véase World Commission on Environment and Development (1987). Este es otro de los factores que hace que la situación de la región para enfrentar la nueva situación sea peor que ante la ola tecnológica previa.

¹³ En general, se trata del deterioro acumulativo causado por miríadas de acciones locales de campesinos marginados, tales como el aumento de emisión de anhídrido carbónico por la apertura de tierras mediante la quema en bosques tropicales, los efectos climáticos globales de la deforestación y desertificación —en gran parte asociados a situaciones de pobreza—, etcétera. El informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo para la Asamblea General de las Naciones Unidas ("Our Common Future") hace gran hincapié en el papel de la pobreza como origen de muchos problemas ambientales. También probablemente entrará en juego el tema de la destrucción de recursos genéticos de interés económico o tecnológico para las grandes organizaciones (sin ignorar otras motivaciones internacionales más altruistas).

¹⁴ Por ejemplo, uno de los argumentos de negociación podría estar dirigido a la apertura internacional del acceso a los nuevos desarrollos tecnológicos, para favorecer el cambio de los procesos de industrialización de los países en desarrollo, como prerrequisito para reducir el efecto ecológico global asociado a continuar creciendo con el perfil de la industrialización tradicional. El argumento tiene validez lógica si se considera que son fundamentalmente los países hoy desarrollados los que consumieron el potencial ecológico planetario, cuyo deterioro actual restringiría la posibilidad de crecimiento por la vía tradicional para los países del Tercer Mundo.

¹⁵ Algunos llegan a plantear (M. Ikonicoff, comentario personal) que el desafío principal para el mundo en desarrollo es en la actualidad, no ya sólo el cómo reducir la dependencia, sino el cómo evitar ser sencillamente excluidos del sistema económico mundial.

problemática. La pérdida de autonomía de los países latinoamericanos para definir los patrones de producción, consumo y distribución, y la concentración del poder en las empresas transnacionales implican la penetración de racionalidades económicas exógenas, y la probabilidad de una debilitación adicional en la realimentación entre actividades económicas y deterioro ecológico (esta realimentación es esencial para la estabilidad de las interacciones ambiente-desarrollo) (Gallopín, 1980a). Esto generaría una tendencia a la sobrexplotación de ciertos recursos naturales, a la subutilización de otros y a la externalización de los costos ecológicos desde las grandes organizaciones hacia la región. Dado el contenido del nuevo paradigma tecnoeconómico tal como es impulsado, se espera un reforzamiento de la tendencia al desajuste entre la estructura de producción y la de consumo, orientando aún más la producción hacia la demanda de sectores minoritarios de altos ingresos, con presiones para generar nuevas demandas y reducir la vida útil de los bienes duraderos, acentuando así la producción de desperdicios que fluyen al ambiente¹⁶ y la marginalización de amplios sectores de la población (que pasan a contribuir a la degradación ecológica generada por la pobreza).

La orientación de la producción hacia los bienes de consumo no esenciales, y la evidente tendencia explosiva hacia el aumento de la oferta y la diversidad de bienes de consumo duraderos contribuyen a generar una presión indefinidamente creciente en el ambiente y en los recursos escasos con destino a usos no esenciales.¹⁷ Más aún si se considera que las tendencias no favorecen una transición hacia el consumo colectivo de los bienes y servicios que así lo permitan, sino que acentúan el consumo individual, multiplicando el número de unidades necesario para satisfacer la demanda.

La tendencia actual es hacia una descentralización mundial de los sistemas de producción e industriales, pero centralizando el control de la creación del conocimiento.¹⁸ En el caso de la microelectrónica, las inversiones de empresas transnacionales en la región serían las destinadas a realizar tareas cada vez menos remunerativas y de menor

¹⁶ Esto se refiere a los desperdicios asociados al consumo. En cuanto a los desperdicios de la producción, estos podrían finalmente disminuir debido al aumento de eficiencia en uso de insumos posibilitado por las nuevas tecnologías.

¹⁷ Por lo contrario, la producción de bienes básicos (siempre en relación con el mercado interno) tiene un tope natural determinado por la satisfacción de las necesidades materiales fundamentales de la población.

¹⁸ Lo que lleva a Celso Furtado a anticipar la posibilidad de un "destino teleguiado" para la América Latina. Véase Furtado (1984).

importancia tecnológica, a menudo adoptando la modalidad de "enclaves" sin enlaces con el resto del sistema productivo local. En el campo de los materiales, las direcciones de cambio aparentes son, por un lado, la reubicación geográfica de la producción de materiales tradicionales en busca de ventajas comparativas en el costo de la energía, o para aprovechar los ahorros en costos de transporte y la flexibilidad que otorga la cercanía a la fuente; por otro lado, la creciente diversificación de las plantas en los países desarrollados en el área de los nuevos materiales más refinados y apropiables. La tendencia hacia la relocalización de industrias de alto potencial contaminante hacia los países en desarrollo es bien conocida.

Todos estos elementos confluyen a que la localización de industrias y de otras actividades productivas tienda cada vez más a ignorar los límites ecológicos locales y la adecuación ambiental de las actividades, con el consiguiente agravamiento de los problemas ambientales. No puede dejarse de lado la posibilidad de que algunos ambientes de la región sean utilizados por grandes organizaciones como espacio de prueba a nuevos desarrollos tecnológicos de alto riesgo ambiental o para explorar ventajas comparativas del germoplasma o de la organización ecológica local.¹⁹

Por su origen y racionalidad, es obvio que las tecnologías y modos productivos generados por las grandes organizaciones del mundo desarrollado no tenderán espontáneamente a adaptarse a las necesidades y potencialidades de los países de la región. Ello implica que las nuevas tecnologías, introducidas según determinación exógena, en la mayoría de los casos tendrán desajustes significativos en cuanto a su adaptación a los ciclos ecológicos de los ecosistemas locales.

¹⁹ Esto no es mera especulación. Las tecnologías de punta se han sumado a la lista de casos ya conocidos de experimentación de fármacos utilizando las poblaciones humanas de la región (métodos anticonceptivos experimentales, nuevas drogas, etcétera). El Wistar Institute de los Estados Unidos, con fondos de organizaciones privadas (Laboratorio Rhone-Merieux, Laboratorio Transgene, Fundación Rockefeller), realizó en 1986 un experimento clandestino en instalaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en la localidad de Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. El experimento consistió en la inoculación a bovinos de una nueva vacuna recombinante contra la rabia, obtenida por ingeniería genética. Éste representó el primer ensayo en el mundo de esa vacuna en condiciones de campo. El experimento fue ocultado al gobierno argentino y a sus autoridades sanitarias, y, según denuncias públicas, los peones que manipulaban las vacas inoculadas y consumían su leche sin pasteurizar, así como la población de Azul (que la consumía comercializada y pasteurizada) no estaban informados. El experimento fue interrumpido por las autoridades sanitarias argentinas cuando su existencia fue conocida por la opinión pública. El caso provocó un escándalo en los Estados Unidos (síntomáticamente, mucho menor en la Argentina). Véase *Revista Humor*, núms. 186, 187, 190 y 191, años 1986 y 1987, Buenos Aires.

Otro macroefecto previsible, de acuerdo con la lógica exógena de la difusión tecnológica, es el desajuste entre la estructura de producción y el perfil de la dotación de recursos naturales en los países de la región, generando tendencias a presionar en exceso algunos recursos, y simultáneamente al desaprovechamiento o subutilización de otros. La racionalidad de las grandes empresas transnacionales, así como su capacidad de movilidad de capital en el espacio mundial, tendería en muchos casos a inducir niveles de utilización de los recursos naturales renovables superiores a las tasas ecológicas de regeneración, llevando a la degradación de los ecosistemas productivos y abandonándolos (degradados) cuando su rentabilidad se haga inferior a la de otros lugares del planeta.

El insumo fundamental dentro del nuevo paradigma tecnoeconómico es la ciencia, cada vez menos separada de la tecnología, más vinculada de manera directa con los requerimientos de las organizaciones hegemónicas, y más centrada en los países desarrollados y en las grandes organizaciones. Al mismo tiempo, el "proteccionismo científico-tecnológico" de esas organizaciones, reflejado en las políticas de publicación y de patentes y en la tendencia a no transferir tecnologías "desincorporadas" de los bienes, llevan a que las tecnologías se tornen crecientemente "opacas", y a reducir la posibilidad, por parte de los países de la región, de copiarlas y/o adaptarlas. Todos estos factores contribuyen a obstaculizar la adaptabilidad de las tecnologías a los potenciales y restricciones ecológicas locales (con excepción de las que estén creadas de manera específica para ser reprogramadas y adaptadas).

El ensanchamiento de la brecha de ingresos entre los países avanzados y los de la región, y la tendencia estructural al desequilibrio del sector externo regional permiten inferir una relajación de las normas de protección ambiental y ecológica y una acentuación de la tendencia a la sobrexplotación de la base ecológica productiva con destino a la exportación. Estas tendencias, combinadas con las tensiones sociales por el creciente desempleo tecnológico y la distribución regresiva del ingreso, están llevando a muchos países de la región a funcionar con "economías de guerra", abandonando los objetivos ambientales (y sociales) del desarrollo. Las tendencias al desempleo tecnológico llevarían a un aumento de la marginación que podría revertir en algunos países la corriente prevaleciente de movimiento del campo a la ciudad, con consecuencias en la ecología.

Las tendencias a la polarización del ingreso dentro de los países,

mediante sus efectos sociales, favorecerían el aumento del deterioro ecológico asociado con la pobreza, así como el asociado con el sobreconsumo. Los efectos ambientales ligados con la redefinición general de las ventajas comparativas son difíciles de anticipar dada la posibilidad de surgimiento de nuevas ventajas insospechadas. Las posibilidades de "manufactura flexible" (Pérez, 1986) de alta eficiencia permitidas por la microelectrónica traerán como consecuencia que la escala de planta se independice crecientemente de la escala de cada mercado, y la productividad de la escala de planta, con profundos cambios en los factores definitorios de la competitividad. Esto puede multiplicar el número de factores que definen las ventajas comparativas (así como aumentar la volatilidad de las mismas). La disminución del peso relativo de los costos salariales dentro del nuevo paradigma tecnoeconómico tenderá a reducir la importancia de las ventajas comparativas de mano de obra barata, afectando las posibilidades de desarrollo de los países que basaron su crecimiento en ese factor. La disminución de la relación materias prima-producto, y la sustitución de materiales, afectarán más directamente a los países que basaron su proceso de acumulación de capital en sus recursos mineros o en sus recursos forestales. Las nuevas tecnologías (y en particular la biotecnología) ya están afectando a los productores agropecuarios tradicionales transfiriendo la tasa de ganancia y el control de la producción y comercialización hacia las grandes empresas transnacionales químicas y farmacéuticas y hacia los grandes comerciantes. Los avances en rendimientos agropecuarios dentro de los países avanzados (posibilitados por los nuevos desarrollos tecnológicos) reducen las ventajas comparativas edáficas y climáticas, cerrándose mercados tradicionales para los productos agropecuarios de la América Latina, e incrementando la competencia internacional para esos productos por parte de los países centrales.

Son varias las *ventajas comparativas* que podrían surgir en países de la región, con diferentes consecuencias ambientales, como las ventajas referidas al acceso a fuentes de energía barata, las asociadas con la reducción de costos de transporte por cercanía a la fuente de recursos naturales, las de radicación otorgadas por legislaciones ambientales o sanitarias permisivas, las de aprovechamiento de las condiciones o componentes ecológicos o climáticos locales, etcétera. En términos ecológicos, este mosaico cambiante de ventajas comparativas en los países de la región podría generar riesgos de drásticos incrementos en la presión de explotación de espacios o ecosistemas

frágiles o remotos actualmente poco intervenidos, la brusca puesta en valor de elementos o funciones ecológicas particulares (y la pérdida de valor de otros), la implantación de nuevas formas biológicas e incluso de ecosistemas exóticos a la región, etcétera. En ausencia de regulación social, estos fenómenos pueden terminar en la sobrexplotación y en la degradación de los ecosistemas regionales (y en la pérdida de las ventajas comparativas que pudieran estar asociadas a ellos).

La discusión anterior se ha centrado en los grandes determinantes y en los tipos generales de efectos ecológicos indirectos en la región, análisis que se complementa con el anteriormente presentado de los efectos ambientales asociados de manera directa con cada-nueva tecnología (microelectrónica, biotecnología, nuevos materiales, y nuevas fuentes de energía). El panorama ecológico inferible en este escenario regional es francamente desalentador (si bien incluye algunos aspectos positivos más o menos puntuales). Es paradójico que el potencial *técnico* para un manejo sostenible de los ecosistemas, para control, vigilancia y reducción de la contaminación ambiental, para la adaptabilidad de las plantas y tecnologías a las condiciones sociales y ecológicas locales, para un aumento espectacular de la producción de satisfactores de las necesidades humanas, para la diversificación de usos de los recursos ecológicos, y para el desarrollo ecológicamente sostenible a largo plazo, es hoy más alto que en cualquier otro momento del pasado.

Sin embargo, la dirección que están teniendo las trayectorias del nuevo paradigma tecnoeconómico permite anticipar que, a menos que la América Latina adopte estrategias activas sostenidas, definidas de manera endógena, y compartidas entre actores sociales y entre países de la región para realizar los cambios estructurales sociales, económicos y tecnológicos necesarios, el potencial técnico mencionado tenderá a reflejarse en los países más avanzados, mientras que la región corre el grave peligro de centrar los efectos perversos de la revolución tecnoeconómica.²⁰

Si bien en esta sección el análisis se ha centrado en los posibles

²⁰ Incluso el análisis optimista de Carlota Pérez (1986), quien de manera explícita subraya el señalamiento de las nuevas oportunidades, se refiere principalmente a la posibilidad de apertura de nuevos espacios libres para empresas medianas y pequeñas, al potencial técnico para el mejoramiento de la producción, las posibilidades de descentralización, de aparición de nuevos grados de libertad, al potencial de diversificación y adaptabilidad, etcétera. Pero todo eso en un espacio dominado por las empresas gigantes. También la autora plantea la necesidad ineludible de nuevas estrategias de desarrollo para los países de la región.

efectos ecológicos regionales de las tecnologías de punta, no se debe olvidar el efecto, de igual o mayor importancia, de la *difusión de tecnologías* ya existentes (“modernas”) y del *cambio de productos*. La historia reciente de la América Latina muestra impresionantes desplazamientos de productos y tecnologías en el sector agropecuario. Esto indica que los efectos ecológicos de las nuevas tecnologías no remplazarán en la América Latina a los de las tecnologías “modernas” y las “tradicionales” sino que se sumarán a ellos, por lo menos durante las próximas décadas.

Como se ha dicho, muchos de los efectos ecológicos previsible para la región están muy ligados a la lógica y al desempeño de las empresas transnacionales y las grandes organizaciones de los países avanzados. Esto es claramente reconocido por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo aunque, como ha sido criticado (Centro Tepoztlán-Programa Latinoamericano de Sistemas Ambientales, informe interno, 1987), el tratamiento y recomendaciones referidos a las empresas transnacionales adolece de ingenuidad y voluntarismo. Cuando el problema central se remonta al de la apropiación de los beneficios de la Revolución tecnológica, no es posible esperar que las apelaciones a la buena voluntad tengan efectos detectables.

2. Las nuevas tendencias

Los resultados de las corridas de los modelos de simulación indican, para toda la región, los siguientes cambios ecológicos gruesos, con un “escenario predominante” razonable:

<i>Ecosistemas</i>	<i>Inicial (1980)</i>	<i>2030</i>	<i>Cambio total (porcentaje)</i>
Natural	40.6	30.0	-26.7
Alterado	22.1	21.0	-6.4
Erial	2.0	3.2	69.6
Agrícola	7.5	11.0	46.5
Ganadero	26.8	32.0	20.4
Plantaciones	0.3	1.5	443.2
Urbano	0.7	1.3	92.7
Total	100.00	100.00	

El cuadro 4 muestra los cambios esperados en el escenario por grandes zonas de vida ecológicas. Para toda la región esas cifras

CUADRO 4. Superficies iniciales (1980) y finales (2030) para los grandes tipos ecosistémicos de la América Latina^a

		Grandes zonas de vida ^b									
		AL	BhT	BsT	BhTem	ST	SST	MyD	DyS	Pu/Pa	
Área:	(10 ³ km ²)	20 417	9 375	4 747	339	1 066	1 038	186	2 744	922	
	Porcentaje	100	45.9	23.3	1.7	5.2	5.1	0.9	13.4	4.5	
<i>Estado</i>											
<i>Natural</i>											
	1980	40.0	63.0	22.0	15.0	40.0	1.0	28.0	21.0	19.0	
	P 2030	29.0	47.0	14.0	7.0	27.0	1.0	18.0	11.5	11.5	
	S 2030	37.0	57.0	20.5	15.0	33.0	2.0	40.0	23.0	17.0	
<i>Alterado</i>											
	1980	22.5	16.0	33.0	44.0	12.0	15.0	43.5	28.0	27.0	
	P 2030	20.5	20.0	21.0	30.0	9.0	14.0	48.5	27.0	22.0	
	S 2030	20.5	14.0	27.0	30.0	10.0	11.0	33.5	36.2	24.5	
<i>Eriales</i>											
	1980	2.0	0.1	2.0	5.0	0	0.2	0.5	8.0	5.0	
	P 2030	3.5	0.5	3.5	8.0	0	1.0	1.0	15.0	7.5	
	S 2030	2.0	0	1.5	4.0	0	0.2	0	9.0	4.0	

Agrícola										
1980	7.5	8.0	8.0	6.5	3.0	22.0	4.0	4.0	2.5	
P 2030	12.0	13.5	12.0	10.0	5.0	25.0	4.0	6.0	5.0	
S 2030	13.0	14.0	15.0	10.0	9.0	29.5	7.0	7.0	6.0	
Ganadero										
1980	27.0	12.0	34.0	27.0	45.0	60.0	23.0	38.0	46.0	
P 2030	32.0	17.0	46.0	31.0	59.0	56.0	27.0	38.0	53.0	
S 2030	22.0	10.0	30.0	20.0	46.0	48.0	16.0	22.0	46.0	
Plantaciones										
1980	0.3	0.3	0.5	2.0	0	0.3	0	0	0	
P 2030	1.5	1.0	2.5	13.0	0	1.0	0	0	0	
S 2030	4.0	4.0	5.5	20.0	1.0	7.0	2.0	0.3	1.5	
Urbano										
1980	0.7	0.6	0.5	0.5	0.1	1.5	1.0	1.0	0.5	
P 2030	1.5	1.0	1.0	1.0	0.2	2.0	1.5	2.5	1.0	
S 2030	1.5	1.0	0.5	1.0	1.0	2.2	1.5	2.5	1.0	

FUENTE: Recalculado a partir de los cuadros 10 y 13 del capítulo 18 del presente volumen.

^a De acuerdo con los pronósticos de los modelos para el escenario predominante (P) y el sostenible (S).

^b AL: total regional; BhT: bosques húmedos tropicales (incluye los bosques húmedos tropicales y subtropicales, los húmedos; montanos bajos y montanos tropicales y subtropicales); BsT: bosques secos tropicales y subtropicales (incluye los bosques secos tropicales y subtropicales y los bosques muy secos tropicales); BhTem: bosques húmedos templados; ST: sabanas y pastizales tropicales; SST: sabanas y pastizales subtropicales; MyD: manglares y deltas tropicales; DyS: desiertos y semidesiertos (incluye los desiertos y matorrales desérticos tropicales y subtropicales, la estepa espinosa subtropical, la estepa y las sabanas templadas); Pu/Pa: puna y páramo.

implican la transformación de 5 millones de hectáreas por año (como promedio para los próximos cincuenta años) de ecosistemas vírgenes y semivírgenes. El 78% de esta superficie provendrá de las áreas tropicales, 19% de las áreas subtropicales, y sólo 3% de las templadas. El 45% de esta área transformada pasará a ser tierra agrícola (30% de agricultura migratoria, 15% de agricultura permanente); 30% se usará para ganadería y 22% para explotación forestal.

Dos procesos principales encabezan una gran parte de la dinámica: i) el *avance de la frontera agrícola*, que se traduce en una disminución de los ecosistemas naturales y el crecimiento de las áreas agrícolas, ganaderas y alteradas, y ii) la *intensificación del uso de la tierra* implica que, en las zonas áridas, aumentan los eriales a expensas de los ecosistemas alterados, y en las zonas húmedas aumentan en superficie los ecosistemas alterados, dentro de los cuales se intensifican las actividades agrícolas de subsistencia. La superficie total de los ecosistemas alterados para la región disminuye debido a que, en muchos ecosistemas alterados se va alcanzando el límite de las existencias, conduciendo a una intensificación del uso de las mismas como opción a la ampliación territorial de la ocupación.

Los problemas de *erosión de suelos* originados por la desforestación, las técnicas agrícolas inapropiadas, el sobrepastoreo y la sobrexplotación, afectarán particularmente los bosques montanos húmedos tropicales y subtropicales, y los bosques húmedos subtropicales de Centroamérica, los países andinos, y el Brasil. En menor grado, las pampas argentinas continuarán sufriendo erosión. La *degradación de cuencas* por la desforestación y la construcción de presas afectará sobre todo los bosques húmedos montanos y basales tropicales y subtropicales de Centroamérica, los países andinos, partes de Suramérica, el Brasil y México, así como los bosques templados húmedos de Chile y la Argentina. Las *inundaciones*, debido a la degradación de cuencas, a la desforestación y a los procesos naturales, afectarán principalmente los bosques húmedos montanos y basales tropicales y subtropicales de Centroamérica, los países andinos y al Brasil, así como algunas de las sabanas, bosques subtropicales de los países de la región andina, como Argentina y Brasil, y pampas.

La *desertificación*, asociada al sobrepastoreo, a la extracción excesiva de leña y a las sequías cíclicas, avanzará principalmente en las estepas patagónicas en la puna, en los bosques secos tropicales, en los matorrales desérticos tropicales y subtropicales, y en los matorra-

les espinosos templados en los países andinos, Brasil, Argentina, Chile, Perú, México y Centroamérica. La *contaminación* agrícola continuará en muchas de las tierras cultivadas en toda la región, y la contaminación agrícola, industrial y urbana aumentará en los deltas y manglares de Centroamérica, el Caribe y partes de Suramérica. El *déficit de leña* continuará incrementándose en la mayoría de los ecosistemas. Para el año 2030, el promedio de calorías suministradas aumentará a más de 3 mil calorías *per capita* por día. Consecuentemente, los niveles relativos de subnutrición disminuirán, pero las cifras absolutas de personas en esta condición aumentarán.

III. LA NUEVA PROPUESTA

1. *El escenario endógeno sostenible*

Se identificó un escenario posible y deseable para el *desarrollo endógeno* de la región. Este patrón de desarrollo endógeno se dirige a alcanzar una adecuada satisfacción de las necesidades fundamentales de toda la población, a posibilitar una mejor distribución de la riqueza, y a ser *intrínsecamente* sostenible en términos ambientales. Se pondrá especial hincapié en la *participación* de la población y en la *descentralización* de las decisiones. La sociedad vislumbrada sería, en comparación con el consumo de recursos *per capita* de los actuales países avanzados, austera en términos de consumo material, con el consumismo no entendido como un valor *per se*.

Existirán políticas activas hacia la integración y complementación regional para una apertura selectiva de algunas ramas industriales claves a la competencia internacional; para la regulación y promoción de una rápida incorporación de nuevas tecnologías de acuerdo con las prioridades sociales; para el empleo total mediante la promoción de sectores trabajo-intensivos esenciales para cubrir las necesidades básicas; para una descentralización regional (subnacional), incluyendo reformas sociales y económicas; para la zonificación del uso de la tierra y la regulación de la frontera agrícola; para la conservación y el manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales renovables; para reforzar los sectores industriales asociados con los recursos naturales renovables y no renovables y con la agricultura; para desarrollar fuentes de energía locales (particularmente hidroelectricidad y biomasa); para promover innovaciones tecnológicas relacionadas con la revalorización de los recursos naturales renova-

bles y con el desarrollo de nuevos usos productivos sostenibles y de nichos de mercado internos e internacionales, sobre todo en relación con los bosques tropicales y con la producción agrícola.

En términos de sustentabilidad ambiental, los temas del *pluralismo tecnológico* (uso complementario de tecnología tradicional, “moderna” y de punta) y de la *hibridización tecnológica* (integración constructiva de tecnologías nuevas y emergentes con tecnologías tradicionales o modernas) asumen particular importancia, requiriendo nuevos modos de organización y una estrategia integral para el desarrollo y la difusión tecnológicas. La revalorización y promoción de la tecnología tradicional y del conocimiento empírico existente en la región será en especial importante para los sectores de mediana y pequeña escala de las áreas rurales. Muchas tecnologías tradicionales ya están mejor adaptadas a las condiciones y ciclos ecológicos locales que la tecnología “moderna” actualmente en expansión. La hibridización tecnológica podría mejorar los rendimientos y evitar algunas de las limitaciones de las técnicas tradicionales. Tal integración tecnológica permitiría una reducción de los conflictos, podría promover la innovación tecnológica autosostenida, sería fácilmente absorbida y adaptada a las situaciones locales, y favorecería la sustentabilidad social, cultural, económica y ambiental.

También se hará hincapié especial en el desarrollo de nuevos sistemas de producción basados en la utilización de los ecosistemas ya alterados —incluyendo los “neoecosistemas” generados por anteriores actividades humanas en tierras vírgenes y abandonadas— así como a la modernización y mejora de rendimientos en las tierras más aptas que ya están en explotación. Se desarrollarán estrategias referentes a la asignación de áreas ecológicas para protección (y en algunos casos manejo) de funciones y procesos ecológicos de gran escala (por ejemplo regulación de cuencas, ciclos biogeoquímicos, etcétera) implicando a menudo la cooperación entre distintos países. La valorización de la diversidad cultural y de la participación incluye naturalmente el respeto a las culturas indígenas, su manera de producción y sus estilos de vida.

La producción de alimentos debería cubrir las necesidades para una nutrición adecuada requerida por la evolución demográfica de la población total de cada país, proveyendo no menos que el actual excedente para exportación, y ser capaz de incrementar las exportaciones ante aumentos en la demanda internacional (sin arriesgar la autosuficiencia interna).

2. *Las principales actividades productivas rurales*

Cuando sea apropiado, se favorecerán los sistemas de producción integrados (agricultura, cría de animales y silvicultura). Se acentuará en particular el desarrollo de actividades productivas de acuerdo con la zonificación ecológica de aptitudes.

a) *Agricultura*. Un criterio general es mantener (por lo menos durante el periodo de transición) el *pluralismo productivo*, con la coexistencia de diferentes grandes tipos de agricultura, integrados por medio de políticas internacionales, nacionales y regionales.

i) *Agricultura moderna capital-intensiva*. Este tipo de agricultura se centrará en las tierras con mayores ventajas comparativas ecológicas (suelos fértiles y estables, climas óptimos, tierras en riego, etcétera). Esta actividad no necesariamente adoptaría la modalidad de grandes monocultivos, sino que incluiría cultivos diversificados, control biológico de plagas, rotación de cultivos, medidas de conservación de suelos, etcétera. La producción será dirigida sobre todo al consumo urbano de alimentos, cultivos industriales, y cultivos de exportación.

ii) *Agricultura campesina*. Requiere la implantación de reformas estructurales e innovaciones tecnológicas dirigidas a la transformación del actual sector agrícola de subsistencia en una agricultura campesina eficiente y sostenible. La producción se dirigirá a la autosuficiencia alimentaria local así como a un número de productos de alto valor unitario posibilitados por las condiciones ecológicas locales. Se trata de una agricultura multipropósito integrada o mixta, operada por pequeños productores con acceso a créditos, tierras y medios de producción. La actividad será intensiva en mano de obra así como en tecnologías apropiadas para la producción diversificada y de pequeña escala. La hibridización tecnológica será muy significativa en este sector.

iii) *Agricultura diversificada de alta tecnología*. Esta agricultura será dirigida a la explotación selectiva de los recursos genéticos locales para alimentos, medicina, industria, etcétera. Implica el desarrollo de tecnologías para una nueva agricultura de recolección eficiente en ecosistemas diversificados, considerando la diversidad, la heterogeneidad, la variabilidad y las singularidades ecológicas como recursos y oportunidades tecnológicas más que como obstáculos o limitaciones.

iv) *Sistemas agrícolas indígenas*. De manera congruente, respeto

a la diversidad cultural y con el hincapié participativo del escenario, las comunidades indígenas tendrían la oportunidad (además de los medios y tierras) de mantener sus estilos de vida y sus sistemas de producción si así lo prefirieran.

b) *Ganadería*. i) *Ganadería intensiva moderna*. Consistirá en la producción capital-intensiva de animales, en manadas o establos, incluyendo también la cría intensiva de animales silvestres con alto valor alimenticio o comercial.

ii) *Ganadería extensiva*. Implicaría una modernización y una racionalización de la actual ganadería extensiva, incluyendo también la cosecha y utilización de especies nativas y el manejo de la fauna. La mayor parte de la actual ganadería de subsistencia y nómada se convertirá a esta actividad o a la agricultura campesina.

iii) *Manejo y cosecha moderna y de alta tecnología de la fauna*. Implica el manejo, la domesticación y la cosecha de la fauna silvestre en cautiverio, semicautiverio o libre para la producción de carne, pieles, lana fina y cueros para consumo interno y para exportación. Los principales candidatos iniciales son los camélidos, el carpincho, la nutria y el caimán. Con un manejo apropiado éstos pueden generar mayores rendimientos económicos que el ganado.

c) *Explotación forestal*. Esta actividad implicará una revalorización de los bosques como áreas de producción con múltiples propósitos (madera, energía, fauna silvestre, productos especiales, funciones ecológicas).

i) *Explotación forestal*. Llevada a cabo por empresas, y por cooperativas que vinculen hogares dispersos; se basará en el manejo sostenible de los bosques naturales y alterados, principalmente en la zona de bosques húmedos tropicales, implicando el uso racional de la mayor parte de las especies (no sólo de unas pocas como se da en la práctica actual). Los productos, para consumo interno y para exportación, incluirían: madera, aglomerados, laminados, pulpa de papel, harina de madera (para alimento de animales), productos químicos, materias primas para la industria de plásticos, fertilizantes, jabones, carbón y leña, además de productos de caza y de pesca.

ii) *Explotación forestal de recolección*. Será una explotación artesanal, organizada socialmente y apoyada con investigaciones científicas, localizada sobre todo en los bosques, las sabanas y los semidesiertos arbustivos. Esta actividad sería complementaria de la agricultura campesina, con organización comunitaria de turnos y zonas de extracción. Algunos de los productos, de acuerdo con la eco-

logía local, podrían ser palmitos, caucho, hongos, nueces, palmeras, etcétera.

iii) *Plantaciones productivas*. Llevadas a cabo por empresas o cooperativas; en bosques húmedos tropicales y en bosques secos tropicales y subtropicales, con insumos científicos dirigidos a las especies locales de rápido desarrollo. Principalmente para la producción de papel, leña y carbón, y algo de madera.

iv) *Reforestación protectora*. Para protección de cuencas y zonas montañosas, dirigida a restablecer la regulación ecológica de inundaciones, reduciendo la sedimentación de embalses, etcétera.

d) *Pesquería*. Incluye pescado, mariscos y algas marinas. i) *Pesca intensiva industrial marina*. Limitada a los mares abiertos, por medio de empresas o de grandes cooperativas. Para consumo interno y para exportación, utilizando gran variedad de especies.

ii) *Pesca moderna artesanal marina*. En las zonas costeras. Implica rescatar y mejorar técnicas existentes (algunas de ellas actualmente abandonadas) y utilizar una diversidad de especies, en vez de una o unas pocas. Requerirá investigación y asistencia técnica (en especial para reducir las pérdidas poscosecha). Para consumo interno (presuponiendo cambios en el patrón de consumo) y para la exportación.

iii) *Acuicultura marina*. En las zonas costeras y estuarios; parcialmente en estanques. Implica priorizar el manejo de las especies locales, y la protección de los estuarios para reproducción. Para consumo interno y para exportación.

iv) *Pesca moderna artesanal de agua dulce*. Similar a su equivalente marina, pero dirigida en esencia al consumo interno y local.

v) *Acuicultura de agua dulce*. En represas, estanques, etcétera. Similar a su equivalente marina. Para consumo interno y para exportación (ejemplo truchas).

3. La trayectoria endógena

Según el escenario endógeno la región será capaz de satisfacer de un modo sostenible los requerimientos internos de agricultura, ganadería, pesca y explotación forestal en los próximos cincuenta años, con un superávit considerable para la exportación. Los tres principales procesos que dan cuenta de gran parte de la dinámica en este escenario son: i) el hincapié en la rehabilitación productiva de los ecosistemas deteriorados y alterados (que hoy cubren 22% del área terrestre

total) representando la estrategia más realista para manejar muchos de los complejos ecosistemas tropicales y subtropicales; *ii*) la prioridad a los sistemas integrados de producción rural (agricultura-ganadería-explotación forestal-acuicultura), los cuales son favorecidos cuando sea apropiado, y *iii*) la búsqueda activa de la integración de las nuevas tecnologías con las tecnologías tradicionales y modernas. Los resultados de los modelos de simulación (Winograd, capítulo 18 del presente volumen) indican que el patrón de uso de la tierra cambiaría aproximadamente como sigue:

<i>Ecosistema</i>	<i>Inicial (1980)</i>	<i>2030</i>	<i>Cambio total (porcentaje)</i>
Natural	40.6	36.4	-10.4
Alterado	22.1	20.1	-8.7
Erial	2.0	1.8	-5.9
Agrícola	7.5	13.0	70.6
Ganadero	26.8	23.5	-12.7
Plantaciones	0.3	4.0	1 303.3
Urbano	0.7	1.2	81.5
Total	100.0	100.0	

Además de las diferencias cuantitativas con el patrón derivado de las tendencias actuales, los cambios cualitativos en la modalidad de producción rural implican una reducción drástica de los procesos ecológicamente degradantes examinados en la sección 1.3. Para toda la región estas cifras implican la transformación de 2 millones de hectáreas por año de ecosistemas vírgenes y semivírgenes (la mayoría en áreas tropicales). Las áreas protegidas representan 35% de los ecosistemas naturales existentes. Los ecosistemas alterados cubrirán el 20% del área, la misma cifra que en el escenario predominante. Sin embargo, en este escenario la mayor parte de las tierras alteradas se convierten en tierras productivas (14% en explotación forestal y 6% en proceso de rehabilitación). Las tierras cultivadas aumentan a 13% (7% con agricultura intensiva, 3% con uso agrosilvoagropecuario, y 3% con agricultura migratoria). Los pastizales disminuyen debido a los incrementos en la capacidad de carga (15% con sistemas de pastoreo intensivo y semintensivo y 7% se integra con la explotación forestal). Como consecuencia de las actividades de rehabilitación y restauración, los eriales se reducen a la mitad de su superficie inicial. Para el año 2030, el suministro promedio de calorías será más de lo

necesario para alimentar a la población de la época. La subnutrición será erradicada.

IV. LA NUEVA PROPUESTA Y LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

1. *Criterios básicos*

El concepto de *desarrollo sostenible* adoptado aquí no supone la conservación de la naturaleza en su estado original como objetivo primario. Implica, sin embargo, un modelo de desarrollo que minimiza la degradación o destrucción de su propia base ecológica de producción y habitabilidad. El objetivo del desarrollo sostenible es mejorar a largo plazo la calidad de la vida humana, y esto implica el manejo (incluso la transformación) de la estructura y función de los ecosistemas a fin de aprovechar los bienes y servicios provistos por ellos, al mismo tiempo que se minimizan los conflictos inherentes a su explotación, maximizando el apoyo mutuo entre las acciones y actividades necesarias, y distribuyendo los costos y beneficios ecológicos entre las poblaciones implicadas (Saunier, 1987). Los resultados de la investigación indican que:

a) No hay *restricciones ecológicas* importantes (en cuanto a la región como un todo) para la satisfacción sostenible de las necesidades humanas y para el desarrollo sostenible (incluyendo la producción de alimentos). No se requiere sacrificar las áreas de conservación necesarias para mantener las funciones y servicios ecológicos esenciales. Sin embargo, el modelo de desarrollo predominante en la actualidad es ecológicamente insostenible y está provocando colapsos ecológicos que generan crecientes tasas de deterioro de la base ecológica productiva.

b) Hoy no existe una *ausencia crítica de tecnologías disponibles* que podría impedir el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas latinoamericanos (en el sentido de representar un cuello de botella regional). Aun cuando se necesita más investigación, y el conocimiento para el manejo de algunos ecosistemas muestra graves limitaciones, existen ya muchas técnicas de manejo que son social, económica y ecológicamente sostenibles para una gran variedad de ecosistemas. Muchas de las necesidades pueden ser satisfechas por las tecnologías existentes, las cuales son con frecuencia más aceptables (en términos culturales y sociales) que las nuevas tecnologías. Aun sin tomar en cuenta las potencialidades de las nuevas tecnolo-

gías, existe una batería de tecnologías apropiadas que, de ser aplicadas, podrían contribuir de manera significativa a la solución de una gran parte de los graves problemas ecológicos actuales.

c) En relación con las *tecnologías nuevas y emergentes*, el análisis ambiental permite identificar grandes prioridades regionales para la investigación y el desarrollo, tomando en consideración las principales oportunidades y restricciones ecológicas para el desarrollo, como se plantea más adelante.

d) El futuro ecológico de la América Latina, y las posibilidades de aprovechar las oportunidades ecológicas al mismo tiempo que se minimizan las restricciones, están mucho más directamente ligados con las grandes *opciones sociales* adoptadas en la región que con la búsqueda de nuevos conocimientos y nuevas técnicas de manejo ecosistémico (aunque estos son también necesarios).

2. Criterios ecológicos básicos para seleccionar tecnologías

Los factores ecológicos fundamentales que cualquier tecnología sostenible debe tomar en cuenta para asegurar la sustentabilidad ecológica y la renovación de los ecosistemas fueron identificados en términos generales. Los mismos factores se consideran válidos para el manejo sostenido de los ecosistemas naturales, los alterados, los ecosistemas degradados y los artificializados. Sin embargo, las tecnologías tendrían que incluir, en los últimos casos, medidas específicas a fin de restaurar o remplazar corrientes, mecanismos o recursos ecológicos deteriorados.

a) *Los niveles y ritmos de corrientes de entrada y salida que determinan el mantenimiento del ecosistema.* Esas corrientes pueden ser alteradas dentro de ciertos límites por las acciones humanas. Sin embargo, en todos los ecosistemas existen límites de tolerancia para los niveles superiores e inferiores de perturbación de las corrientes con el mundo externo; cuando estos límites son sobrepasados, ocurren cambios ecológicos estructurales. Por ejemplo, las corrientes de agua que entran y salen de los pantanos y manglares son críticas para su supervivencia. En algunos casos, las corrientes naturales pueden ser remplazadas por subsidios humanos.

b) *El acervo, fuente o principal reserva de renovación.* Cuando este acervo se reduce a ciertos niveles, aumenta la vulnerabilidad y se pierde la capacidad de renovación. Por ejemplo, en los bosques húmedos tropicales las reservas críticas de renovación son el soto-

bosque, el suelo (generalmente vulnerable), y la diversidad y heterogeneidad. En algunos casos, los subsidios humanos pueden sustituir la reserva natural.

c) *La oferta ecológica (acervo, corriente o funciones ecológicas explotables por el hombre)*. Su oferta y calidad es afectada por los otros factores, y puede incluir muchas oportunidades no percibidas. Por ejemplo, los manglares pueden suministrar no solamente madera y otros productos en una agricultura migratoria sostenible, además de pesca y extracción de fauna acuática, sino que también proporcionan funciones ecológicas tales como la regeneración de nutrientes y la dilución de residuos orgánicos y contaminantes.

d) *Los mecanismos internos homeostáticos básicos*. Todos los ecosistemas poseen mecanismos de realimentación reguladores u homeostáticos que tienden a preservar su funcionamiento y renovación, y éstos deben ser tomados en cuenta. En algunos casos, ciertos elementos de los mecanismos podrían ser remplazados o artificializados. Por ejemplo, las precipitaciones escasas e intermitentes características de los desiertos cálidos impiden la concentración de sales y de tóxicos en los suelos asociada con el ascenso capilar y la evaporación. Con frecuencia, las modalidades de riego que interfieren con este mecanismo generan problemas de alcalinización y toxicidad del suelo. Otro ejemplo es la frecuente explosión de poblaciones de plagas que sigue a la simplificación de algunos ecosistemas complejos, debido a la eliminación de mecanismos reguladores naturales.

3. *Prioridades ambientales de investigación y desarrollo*

Se presentan aquí sólo las grandes prioridades que surgen de un análisis global de las condiciones ambientales de la América Latina, de acuerdo con dos criterios complementarios. Debe acentuarse que los elementos citados a continuación son sólo los más directamente relacionados con la sustentabilidad ecológica del desarrollo, y no pretenden contener ni remplazar las prioridades que surgen de la utilización de otros criterios sociales y económicos.²¹

²¹ Es obvio que las prioridades de investigación y desarrollo regional y nacional deberán surgir de la combinación y compatibilidad de necesidades, recursos y oportunidades, tomando en cuenta los factores sociales, económicos, políticos, culturales y ambientales y, sobre todo, un proyecto social que enmarque y dé sentido a la estrategia científico-tecnológica. Ciertamente existen otros criterios no ambientales válidos que pueden definir diferentes perfiles tecnológicos. Por ejemplo, los criterios basados en la necesidad de incrementar las exportaciones: la tecnología para la exportación debería, para

a) *Por grandes áreas de nuevas tecnologías.* i) *Biotecnología:* hincapié en el desarrollo de sistemas sostenibles de producción de alimentos (comercial y de subsistencia), y en el aprovechamiento sostenible de recursos naturales renovables, adaptado a los ambientes locales. Explotación del germoplasma regional. En algunos países donde la minería es importante, la biometalurgia puede ser prioritaria.

ii) *Computación:* hincapié en educación, en sistemas expertos de microcomputadoras desarrollados endógenamente para unidades rurales comunitarias (para diagnóstico médico y manejo agrícola), para planeación del desarrollo de recursos naturales, y para el manejo y administración de sistemas complejos y diversificados de producción, comercialización y distribución.

iii) *Telemetría:* hincapié en la detección y evaluación de recursos naturales, en la vigilancia de la erosión, del estado de los cultivos, de la contaminación, de los pronósticos del tiempo y de la anticipación de desastres naturales, así como la vigilancia de la cantidad y estado de las existencias nacionales de recursos naturales renovables.

iv) *Telecomunicaciones:* hincapié en el acceso a la información (precios, productos, meteorología, plagas, métodos opcionales de manejo agrícola, etcétera), educación, participación, interrelación descentralizada, telediagnóstico de problemas y enfermedades, planes de alerta ante urgencias, etcétera. Sistemas eficientes para vincular áreas remotas y aisladas.

v) *Nuevas fuentes de energía:* hincapié en la autosuficiencia energética de comunidades rurales, aprovechando las condiciones locales (viento, biomasa, hidroelectricidad y radiación solar). Desarrollo de sistemas energéticos en pequeña escala.

vi) *Nuevos materiales:* aprovechamiento y mejora de materiales biológicos y minerales disponibles localmente para la construcción de casas, herramientas, caminos, presas, etcétera.

b) *Por tipos de problemas ambientales para la investigación científica.* Ninguno de ellos es hoy investigado de modo sistemático.

i) El estudio del funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas naturales latinoamericanos, incluyendo sus respuestas a las acciones humanas y a las perturbaciones naturales. La mayoría de los estudios ecológicos en la región son muy descriptivos, arrojando poca luz de la dinámica, evolución y límites de resiliencia ecosistémicos,

ser competitiva, o producir los mismos bienes y servicios que se comercializan en el mercado internacional, o bien productos distintos que satisfacen demandas internacionales en la actualidad no cubiertas.

y particularmente acerca de otros esquemas de aprovechamiento sostenible.

ii) El estudio de los ecosistemas perturbados y degradados, así como de los neoecosistemas estabilizados que han sido generados por las transformaciones antrópicas, a fin de recomendar técnicas apropiadas de manejo o de recuperación. Tales nuevas configuraciones ecológicas no son necesariamente de baja productividad; en muchos casos proporcionan una oferta de nuevos recursos en potencia utilizables.

iii) El estudio comparativo de las formas concretas adoptadas localmente por la relación sociedad-naturaleza en la América Latina. Esos estudios son esenciales para la propuesta de soluciones realistas y aceptables al problema de la degradación ecológica, teniendo en cuenta tanto las dinámicas ecológicas como la racionalidad y las condiciones de los actores sociales.

iv) El estudio de las interacciones entre los grandes ecosistemas de la región, que pueden generar efectos a grandes distancias y con enormes retardos. Esto incluye aspectos tales como los efectos regionales de la transformación de la cuenca amazónica, las relaciones continentales entre el cordón andino como gran suministrador de agua, sedimentos, nutrientes y especies, y las tierras bajas que reciben, acumulan y distribuyen materiales y energía; los efectos regionales y subregionales de las crecientes rediseño de los sistemas hidrológicos; el efecto de cambios en el uso de la tierra en las catástrofes climáticas transfrontera, etcétera.

V. ATRIBUTOS AMBIENTALMENTE SIGNIFICATIVOS DE LA ESTRATEGIA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Por razones de espacio, en esta sección se presentarán solamente algunas características estratégicas que surgen de un análisis global de las condiciones ambientales de la América Latina. Debe subrayarse que los criterios citados a continuación son sólo los más directamente relacionados con la sustentabilidad ecológica del desarrollo, y no pretenden abarcar ni remplazar las prioridades que surgen de la utilización de otros criterios sociales y económicos.

a) Definición de necesidades y desarrollo de una capacidad científica básica en relación con los problemas ambientales centrales (producción sostenible de alimentos, manejo sostenible de recursos naturales renovables, etcétera).

b) Desarrollo de mecanismos e incentivos para articular la capa-

cidad de investigación básica (existente y nueva) con la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

c) Desarrollo de mecanismos para vincular el sistema de investigación y desarrollo con los sectores de producción, sus demandas y recursos (incentivos, canales de comunicación, etcétera).

d) Hincapié en investigación y desarrollo alrededor de grandes problemas, no de disciplinas o de sectores. En consecuencia, impulso a la investigación y desarrollo interdisciplinario e intersectorial. Por ejemplo, el ataque al problema alimentario debería implicar estudios conjuntos ecológicos, agronómicos, económicos, sociales y culturales. Las soluciones biotecnológicas deberían interactuar con las aplicaciones de la informática, la telemetría, las telecomunicaciones, así como con la utilización de nuevas fuentes de energía y posiblemente de nuevos materiales. La solución integral podría implicar también una combinación equilibrada de tecnologías conocidas y nuevas.

e) Refuerzo de la investigación cooperativa, implicando diferentes centros dentro de los países y también entre países. Comprende el posible desarrollo de nuevos estilos de investigación y gestión.

f) Desarrollo de mecanismos eficientes para la comunicación y transferencia de resultados y experiencias dentro de la región (en la actualidad mucho más débil que la comunicación Centro-Periferia).

g) Desarrollo de mecanismos para la utilización plena de la creatividad local (implica redefinir la aplicación de los criterios internacionales de excelencia y de los derivados de los temas de moda en investigación; la recuperación y revalorización del conocimiento y tecnología tradicionales locales; la participación de la población local en la definición de problemas y la aceptabilidad de las soluciones, etcétera).

h) Desarrollo de una capacidad institucional para la gestión del pluralismo tecnológico, optimando la capacidad instalada humana y de capital (combinando nuevas tecnologías, tecnologías "modernas" y tecnologías tradicionales).

i) Hincapié en la accesibilidad de la tecnología para los productores rurales de bajos ingresos y en la autodependencia local (evitando el efecto Revolución verde), en paralelo con el desarrollo de grandes sistemas de producción elaborados. Mecanismos para articular la producción agrícola homogénea y de gran escala con la producción diversificada de pequeña escala (minimizando así la expulsión de mano de obra rural hacia tierras marginales). Enfoques descentralizadores y desconcentradores.

j) Hincapié en la flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones locales y ante cambios inesperados en direcciones y prioridades.

CONCLUSIÓN

La situación actual de la región con la influencia de los nuevos cambios globales —incluyendo una enorme deuda externa, una reducción en el producto bruto *per capita*, crecientes restricciones a las corrientes del capital externo y una población en continuo crecimiento— ha resultado en una discontinuidad en la trayectoria histórica, y en grandes incertidumbres con respecto al futuro. Esta crisis es una grave *amenaza* para las posibilidades de desarrollo futuro de la región, pero no debería olvidarse que también tiene componentes de una *oportunidad* en el sentido que está forzando a los gobiernos y países a explorar nuevos caminos y otros enfoques a un estilo de desarrollo que se hacía cada vez menos viable. La situación actual parece representar *un punto de ruptura* en las tendencias históricas de la región, y una “explosión de novedad”.

La crisis económica mundial, y el efecto social y económico de la difusión de la nueva ola tecnológica con toda probabilidad operarán como factores detonadores de reestructuraciones globales y regionales, con profundas consecuencias sociales, económicas, culturales y ambientales. Las nuevas direcciones resultantes en principio podrían conducir a un empeoramiento pero también a una mejora de la situación con respecto a las tendencias del pasado; en particular, el futuro ecológico de la América Latina (tanto en términos de recursos naturales como de habitabilidad) dependerá mucho de la manera en que se resuelva la crisis y de las grandes opciones sociales adoptadas en la región dentro del contexto turbulento de la situación mundial actual. Hoy están abiertos varios escenarios socioeconómicos potenciales para el futuro de la región; aunque en cada uno de ellos sería posible identificar posibilidades para el mejoramiento del manejo y conservación de los recursos ambientales, las oportunidades y restricciones varían mucho entre los distintos escenarios. Pero quizá lo más importante sea subrayar que los futuros nunca “vienen”; son producto en parte de las circunstancias, sobre todo de las decisiones de los actores sociales. Cuando el futuro probable no es gris, sino negro, la esperanza está en la ruptura de las tendencias, y en las fuentes de incertidumbre y novedad. Y en la imaginación y capacidad para aprovechar la crisis, para bifurcar el futuro, y hacer los cambios profundos necesarios.

APÉNDICE 1

MICROELECTRÓNICA: POSIBLES EFECTOS GENERALES Y AMBIENTALES
DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AMÉRICA LATINA1. *Áreas de aplicación*

Computación, procesamiento de la información, inteligencia artificial, y telecomunicaciones. En servicios, industrias, agricultura, administración de empresas, gestión de procesos complejos.

Automatización y robótica en la producción y servicios.

Telemetría y detección de recursos, anticipación de eventos.

2. *Dirección de los posibles efectos en componentes básicos de la estructura económico-social*

Potencial para una descentralización de alta eficiencia.

Potencial para centralización de la información (y por lo tanto, del poder).

Factibilidad de incorporación de la producción de pequeña escala en los ciclos del gran capital (actualmente limitada por los costos de comunicación y control).

Accesibilidad más amplia de los últimos eslabones de la cadena productiva, asociada con una monopolización de los superiores (por ejemplo, acceso de la población a la producción y reproducción en comunicaciones mediante casetes de video y audio, pero monopolización de las comunicaciones satelitarias).

Relaciones complejas entre incremento de la productividad, caída del empleo, distribución social del tiempo de trabajo y tiempo libre, y el ingreso nacional.

Posibilidad de cambios significativos en las ventajas comparativas a nivel internacional (por ejemplo, pérdida de las ventajas relativas de la mano de obra barata).

3. *Dirección de los posibles efectos en los ambientes rurales*

Mejoras en la gestión administrativa y reducción del riesgo comercial por parte de productores individuales y de pequeña escala (en relación con el acceso a información en precios, mercados, productos), por medio de redes de información y bases de datos electrónicos.

Mejoras en la gestión técnica agrícola (optimación del agua para riego, dosaje de fertilizantes, etcétera) por medio de redes de información, sistemas expertos y modelos de simulación, y nuevos sistemas de capacitación rural apoyados en la microelectrónica y en las telecomunicaciones.

Posibilidad de manejar agroecosistemas complejos por medio de modelos y sistemas computarizados.

Posibilidad de una descentralización de la información y de las decisiones generando nuevos sistemas de producción o, alternativamente, posibilidad de una concentración de las decisiones por medio de grandes espacios, vía telecomunicaciones y bancos de información.

Posible marginalización o desplazamiento de grupos de productores que no tengan acceso a las nuevas tecnologías.

Mejoras en los pronósticos climáticos, anticipación de catástrofes y riesgos naturales, y monitoreo de cambios ambientales que afectan la producción rural, por medio de la telemetría y redes de informática y telecomunicaciones.

Nueva y mejor información de recursos naturales de difícil acceso; detección o descubrimiento de nuevos recursos, por medio de la telemetría, la informática y las telecomunicaciones, permitiendo una mejor fiscalización gubernamental o bien favoreciendo a los monopolios privados, según el contexto social.

Riesgo de violentos incrementos en la presión de explotación ejercida en ecosistemas frágiles o remotos poco intervenidos hasta el presente, originado en las nuevas disponibilidades de información y técnicas, así como en la brusca puesta en valor de elementos o funciones ecológicas particulares. En ausencia de regulación, esto podría llevar a la sobrexplotación y degradación de ecosistemas regionales. Con buen manejo, se podría abrir nuevas fuentes de prosperidad.

Factibilidad de explotación de recursos naturales en zonas remotas o inhóspitas, mediante la utilización de la automatización, robótica y telecomunicaciones.

Posible reversión de la actual corriente poblacional, del campo a las ciudades, de generarse altos niveles de desempleo urbano por la automatización, informática y robótica.

4. Dirección de los posibles efectos en los ambientes urbanos

Automatización del sector terciario.

Caída del empleo industrial y reducción en la localización metropolitana de las nuevas industrias.

Posibilidad de grandes cambios en la organización y eficiencia de los servicios públicos.

Grandes cambios en la oferta y composición del empleo.

Posibles cambios en las ventajas comparativas de las ciudades grandes en relación con las medianas y chicas, tanto para las empresas como para los habitantes.

Problemas relacionados con el desempleo urbano.

Cambios en el diseño y uso de las ciudades al cambiar los tiempos de trabajo y tiempos libres.

Este apéndice surgió como resultado de un taller interdisciplinario, organizado por el Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos en Bariloche, con la participación de M. A. Damascos, I. A. Gómez, P. Gutman, L. A. Sancholuz y el autor de este capítulo. Posteriormente fue enriquecidos con aportaciones de expertos en las diferentes tecnologías, así como de la bibliografía.

APÉNDICE 2

BIOTECNOLOGÍA: POSIBLES EFECTOS GENERALES Y AMBIENTALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AMÉRICA LATINA

1. *Áreas de aplicación*

Ingeniería genética (plantas-animales), modificación del germoplasma, cultivo de tejidos, clonación.

Biotecnología para la producción de alimentos.

Nuevas técnicas de procesamiento y conservación de alimentos.

Nuevas fuentes y formas de energía de la biomasa.

Biotecnología para procesos industriales (minería, biometalurgia, enzimas industriales, nuevos productos y procesos industriales, etcétera).

Biotecnología en medicina y farmacopea.

2. *Dirección de los posibles efectos en componentes básicos de la estructura económico-social*

Posibilidad de grandes avances en la producción de alimentos, y en las condiciones sanitarias y nutricionales de la población.

Consecuencias en la adjudicación de prioridades en investigación y desarrollo (ID). Posible contradicción entre una biotecnología centrada en la agricultura para exportación (forrajes, oleaginosas y productos tropicales de exportación) y la concentración de prioridades de ID orientadas a la producción alimentaria para el mercado interno; entre un hincapié hacia el aumento de producción en las áreas existentes o bien hacia nuevas áreas o recursos; entre cultivos alimenticios y energéticos, etcétera.

Cambios en la estructura de las industrias.

Nuevos problemas sociales y éticos asociados al uso de la biotecnología en los seres humanos (diagnóstico, terapia genética, manipulación genética). Nuevas posibilidades de curación.

Posibilidad de cambios significativos en las ventajas comparativas nacional e internacional (por ejemplo, pérdida de la ventaja relativa de suelos fértiles *versus* suelos pobres).

3. *Dirección de los posibles efectos en los ambientes rurales*

Problemas de acceso y control. Peligro de que las condiciones técnicas de producción se alejen cada vez más de la capacidad de control del productor (semillas especiales, insumos importados, etcétera).

Posibilidad de apropiación y monopolización del germoplasma de la región por parte de compañías transnacionales (patentes de germoplasma, etcétera).

Posibilidad de nuevos modos de utilización sostenible y multiobjetivo de muchos ecosistemas (por ejemplo, la selva tropical).

Riesgo de explotación selectiva y expoliadora de ecosistemas para extraer sustancias o componentes valiosos para la producción biotecnológica (fármacos, entre otros).

Valorización de nuevos recursos naturales renovables; creación de nuevos ecosistemas y generación de nuevos efectos ecológicos.

Cambios en las ventajas relativas de sistemas de producción y recursos tradicionales.

Posibilidad de reciclaje de nutrientes y desechos, con nuevos efectos ecológicos (positivos y negativos).

Posibilidad de nuevas soluciones a los limitantes naturales de la producción animal y vegetal. Nuevas variedades resistentes a condiciones ambientales extremas. Utilización de paquetes tecnológicos que contengan semillas, con su propia dosis de fertilizantes y herbicidas. Creación de variedades que fijan sus propios nutrientes.

Nuevas técnicas de tratamiento y conservación de los productos agrícolas, posibilitando su almacenamiento local.

Nuevo impulso para el control biológico de plagas y de patógenos, favoreciendo la reducción en el uso y efecto de pesticidas, y producción de pesticidas biológicos.

Grandes incrementos en los rendimientos agrícolas.

Explotación de nuevos recursos naturales; incorporación de modos de vida o aun ecosistemas completos exóticos.

Síntesis e introducción en el ambiente de nuevas sustancias y formas de vida, con nuevos efectos ecológicos. Efectos a largo plazo de la manipulación genética.

Factibilidad de un aumento en la diversidad de la producción, reduciendo el predominio actual del monocultivo.

Posible aumento en la vulnerabilidad de variedades debido a reducción en la variabilidad genética (clonación).

Revalorización de las tecnologías de producción de energía de biomasa, y competencia por los recursos naturales para otros usos.

Efecto diferencial en productores rurales según su acceso a la biotecnología.

4. *Dirección de los posibles efectos en los ambientes urbanos*

Posibilidad de una agricultura urbana o periurbana de alto rendimiento y económicamente competitiva.

Nuevas biotecnologías para reciclar residuos urbanos y para aumentar la capacidad de asimilación del ambiente. Tratamiento de efluentes cloacales por biotecnología (ingeniería genética).

Nuevas biotecnologías que permitan desconcentrar los servicios urbanos (salud, energía, educación y tratamiento de residuos, etcétera).

Este apéndice surgió como resultado de un taller interdisciplinario organizado por el Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos en Bariloche, con la participación de M. A. Damascos, I. A. Gómez, P. Gutman, L. A. Sancholuz y el autor de este capítulo. Posteriormente fue enriquecido con aportaciones de expertos en las diferentes tecnologías, así como de la bibliografía.

APÉNDICE 3

ENERGÍA: POSIBLES EFECTOS GENERALES Y AMBIENTALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AMÉRICA LATINA

1. *Áreas de aplicación*

Tecnología de fuentes: biomasa, solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, nuclear, etcétera.

Tecnología de aprovechamiento en los principales usos: transporte, climatización, residencial, industrias energético-intensivas.

Tecnología de conservación y reciclaje: doméstico, industrial, en la construcción, en el sector terciario.

Tecnología de transmisión, transporte y almacenamiento de energía (particularmente en relación con superconductores).

2. *Dirección de los posibles efectos en componentes básicos de la estructura económico-social*

Efectos significativos en la situación de productores e importadores de hidrocarburos.

Efectos diferenciales en los recursos naturales (por ejemplo, implicaciones de los grandes proyectos hídricos ya en marcha en la región, efectos de tecnologías energéticas de biomasa en los bosques tropicales).

Efectos desconcentradores del desarrollo de sistemas energéticos eficientes de pequeña escala (solares, eólicos, hidroeléctricos, etcétera).

Posible concentración-desconcentración de fuentes y usos.

Nuevas oportunidades para el reciclaje y para la conservación.

Cambios en las ventajas comparativas de las fuentes de energía originadas en la posibilidad de almacenamiento a gran escala (supercon-

ductores), con revalorización de las fuentes variables de energía (solar, hidroeléctrica, eólica, etcétera).

Efectos locales de saturación, contaminación, efectos en la salud.

3. *Dirección de los posibles efectos en los ambientes rurales*

Disminución de las presiones de desforestación para leña.

Aumento de la presión para utilización del bosque en la industria de energía de biomasa; posible interacción con la biotecnología para crear variedades de alto rendimiento energético.

Competencia por las tierras, tecnología, insumos y créditos entre el uso de la biomasa para alimentos o para energía.

Valorización de nuevos espacios y recursos naturales.

Posibilidad de grandes explotaciones energéticas dirigidas a la exportación de electricidad (factibilizadas por nuevas técnicas de transmisión y almacenamiento basadas en superconductores).

Efectos ambientales de grandes obras hidroeléctricas, y efectos acumulativos de miríadas de pequeños aprovechamientos energéticos.

Posibles interacciones con telecomunicaciones en áreas rurales (por ejemplo, estaciones remotas alimentadas con energía solar).

4. *Dirección de los posibles efectos en los ambientes urbanos*

Cambios en el diseño de los asentamientos humanos para aprovechar nuevas fuentes de energía y nuevas técnicas de conservación, transmisión y almacenamiento.

Nuevas oportunidades para el reciclado de residuos domésticos.

Problemas de contaminación.

Este apéndice surgió como resultado de un taller interdisciplinario, organizado por el Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos en Bariloche, con la participación de M. A. Damascos, I. A. Gómez, P. Gutman, L. A. Sancholuz y el autor de este capítulo. Posteriormente fue enriquecido con aportaciones de expertos en las diferentes tecnologías, así como de la bibliografía.

APÉNDICE 4

NUEVOS MATERIALES: POSIBLES EFECTOS GENERALES Y AMBIENTALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AMÉRICA LATINA

1. *Áreas de aplicación*

Nuevos materiales en la industria, transporte y servicios (superconductores, fibras ópticas, cerámico, fibras de carbón y vidrio, nuevos ce-

mentos, nuevas aleaciones metálicas, metales amorfos, metalurgia de polvo, compuestos polimateriales, vidrios especiales, plásticos y polímeros, semiconductores cristalinos, etcétera).

Petroquímica.

Nuevos materiales en la construcción urbana.

Nuevos materiales en medicina y prótesis.

2. Dirección de los posibles efectos en componentes básicos de la estructura económico-social

Posibilidad de abaratar costos de cobertura de necesidades básicas no alimentarias (particularmente vivienda y transporte).

Posibilidades de combinar materiales tradicionales locales con nuevos materiales.

Nuevas oportunidades para el reciclaje.

Cambios en la competitividad entre materiales naturales y sintéticos.

Pérdida de las ventajas relativas de yacimientos de minerales estratégicos (en particular cobre, níquel, cromo, cobalto y manganeso).

Cambios significativos en la estructura productiva, con desaparición de industrias enteras y aparición de nuevas.

3. Dirección de los posibles efectos en los ambientes rurales

Cambios en la demanda de productos naturales (lana, cultivos industriales, madera, minerales). Generación de nuevas demandas de productos naturales para fabricar nuevos materiales.

Contaminación por nuevos tipos de residuos materiales, biodegradables y no degradables. Aparición de nuevas industrias contaminantes y nuevas industrias no contaminantes.

Nuevas máquinas con posibles nuevos efectos ambientales.

4. Dirección de los posibles efectos en los ambientes urbanos

Utilización de materiales no tradicionales para la construcción.

Cambios en el diseño urbano posibilitados por los nuevos materiales.

Nuevas posibilidades para el reciclado de residuos.

Cambios en los sistemas de transporte.

Relocalización de industrias; posibles nuevos asentamientos humanos basados en las posibilidades de más infraestructuras distintas. Muchas de las nuevas industrias se acercarían a los centros urbanos donde están las concentraciones de cerebros.

Este apéndice surgió como resultado de un taller interdisciplinario, organizado por el Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos en Bariloche, con la participación de M. A. Damascos, I. A. Gómez, P. Gutman, L.

A. Sancholuz y el autor de este capítulo. Posteriormente fue enriquecido con aportaciones de expertos en las diferentes tecnologías, así como de la bibliografía.