

Un oscuro y frío invierno

Ignacio Cabral Perdomo*

“Es verano en el Hemisferio Septentrional del planeta Tierra. La temperatura media de los continentes se encuentra alrededor de los 15°C. bajo cero (-15°C.). La situación es terrible; millones de seres han perecido: sólo encontramos vestigios de los que parecen haber sido zonas urbanas, nichos ecológicos y extensas regiones de cultivo.

La magnitud de la catástrofe abarca incluso la desaparición de la mayoría de las especies habitantes de este mundo...”

¿Un relato de ciencia ficción? ¿Acaso el reporte de cualquier civilización extraterrestre, que de alguna galaxia cercana a la nuestra, analizara la situación de la Tierra después del holocausto nuclear? Las dos sugerencias, de cualquier manera, atraen nuestra curiosidad y nos desconciertan, pues se trata de una realidad factible y no lejana en modo alguno, que implica a los seres humanos como especie.

Recientes investigaciones avalan la certidumbre, en un alto grado de probabilidad, de que las inmensas nubes de polvo, humo y hollín, levantadas por una conflagración mundial entre las superpotencias, transformen el clima actual del planeta en un *invierno nuclear*. Esto presupone que los ecosistemas naturales serán afectados en sus funciones básicas y que la extinción de las especies habitantes de la tierra –incluyendo la humana– será una posibilidad real.

Las investigaciones

Las primeras investigaciones sobre el tema *El mundo después de un conflicto nuclear* datan del año de 1975. La Academia de Ciencias de los estados Unidos analizó, por vez primera, el conjunto de los efectos y las consecuencias que una guerra nuclear generalizada, provocaría en la biosfera y el clima de la Tierra¹.

* Departamento de Ciencias y Matemáticas, Universidad de las Américas, Puebla.

Desafortunadamente en ese sentido no fue tomado en cuenta un factor preponderante sobre los probables efectos en el clima: el polvo y el humo levantados por la pulverización del suelo en los puntos de impacto provocado por los incendios, debidos –sobre todo– a las bolas de fuego nuclear. El primer trabajo al respecto no aparece sino hasta 1982 en la revista sueca *Ambio*, donde Paul Crutzen y John W. Birks estudian los efectos y la importancia del humo y del hollín producidos por los enormes incendios. Siguiendo la pauta, en 1983 la revista *Science* publica un importante estudio matemático conocido como el *Reporte TTAPS* por el acrónimo de Richard P. Turco, Owen B. Toon, Thomas P. Ackerman, James B. Pollack y Carl Sagan, sus autores. Consiste en un modelo matemático computarizado en el que se analizan ampliamente los efectos sobre el ambiente y la atmósfera provocados por una guerra termonuclear. En el modelo se simulan varios escenarios para el conflicto, y asimismo, la aplicación de diferentes magnitudes de materiales explosivo, que van desde los 100 hasta los 25000 megatonnes (1 megatón, Mt, es la potencia equivalente a la explosión de 1×10^6 toneladas de dinamita).



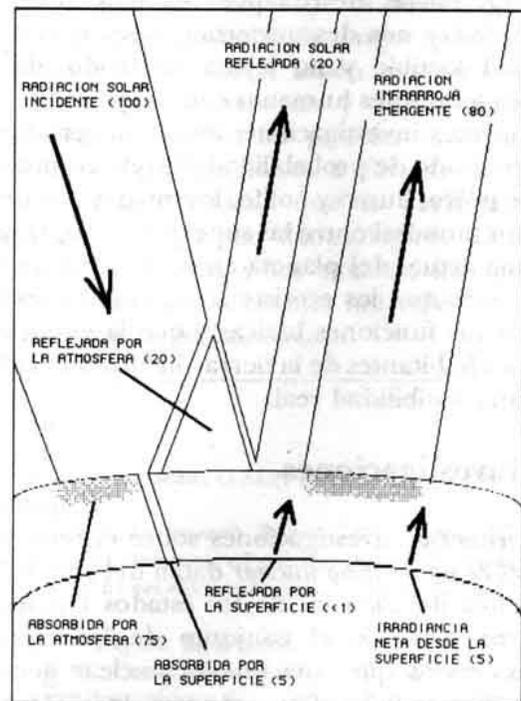
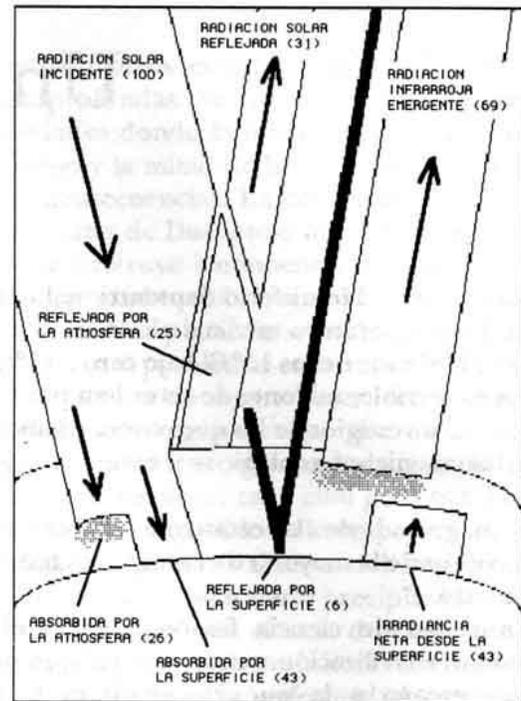
Existen otros estudios importantes; por ejemplo, los realizados por Curt Covey, Stephen Schneider y Stanley Thompson sobre la incorporación y la circulación de humo y polvo en la atmósfera como resultado de un conflicto nuclear³. En ellos se muestran los efectos sobre el clima provocados por la reducción de la intensidad de la luz solar sobre la superficie terrestre, debido a las densas nubes y al polvo prevaletientes en la estratósfera y en la ionósfera. Para dar una idea de la trascendencia del caso, mencionaremos, por último, el estudio realizado por el Comité Científico para los Problemas del Medio Ambiente (SCOPE) del Consejo Internacional de las Uniones Científicas⁴. Muchos análisis más se han efectuado y todos llegan a una conclusión similar: los efectos de una conflagración termonuclear generalizada provocarán el *invierno nuclear* en el planeta.

El invierno nuclear y la desaparición del efecto invernadero

La Tierra posee las cualidades óptimas para la vida debido al balance de los flujos térmicos entre ésta y el espacio que la rodea; este balance produce el denominado efecto invernadero.

La transparencia de la atmósfera hace posible que el 43% de la energía solar sea absorbida por la superficie terrestre y el resto reemitida al espacio en forma de rayos infrarrojos. Sin embargo, con la presencia en la atmósfera del bióxido de carbono y vapor de agua, se posibilita la reemisión de estos rayos infrarrojos nuevamente a la superficie de la Tierra. Es con este proceso que la relación superficie-atmósfera permite la existencia de una temperatura media constante que hace posible la existencia de la vida (fig. 1).

Las nubes y el polvo levantados por el impacto y la explosión de misiles atómicos y las nubes de humo y hollín, provocadas por los incendios en áreas urbanas y bosques, producirán la degradación del efecto invernadero en el planeta. Esta degradación llegará al extremo de reducir la temperatura media de los continentes a unos 20°C. bajo cero, durante veinte días. La temperatura, además, no volverá a ser mayor de los 0°C. hasta, aproximadamente tres o cuatro meses después⁵



Relaciones de energía incidente y reflejada para el caso de una atmósfera normal (izquierda) y para el caso de una densa nube de polvo y humo (derecha. (R.P. Turco y col, 1983).

Las simulaciones llevadas a cabo por el grupo TTAPS incluyeron una con potencia explosiva de 5000 Mt (equivalente a 1.8 toneladas de TNT para cada uno de los cinco mil millones de habitantes del orbe); esta cantidad propulsaría a la atmósfera 180 millones de toneladas de humo.

Si bien la mayoría de las simulaciones de TTAPS suponen que el conflicto será fundamentalmente en el Hemisferio Norte, estudios más recientes confirman el hecho de que las nubes no se mantendrán estáticas sobre el sitio de las explosiones, sino que se desplazarán a otras latitudes afectando la mayor parte de la superficie terrestre (fig. 2).

La biosfera después del conflicto

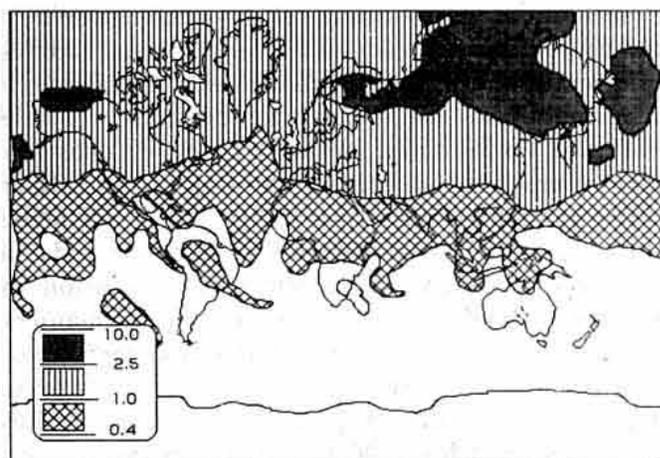
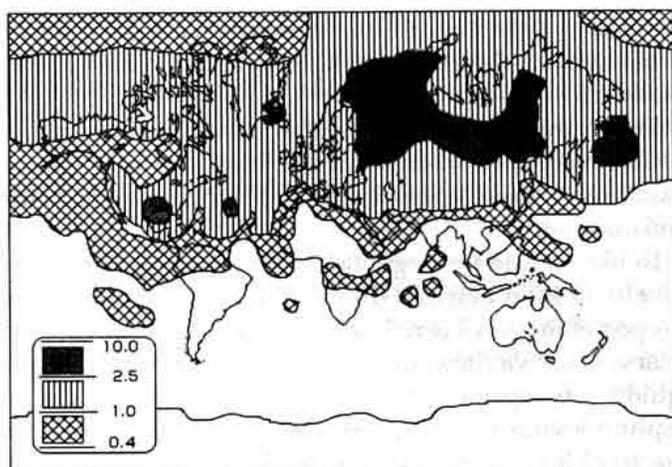
El conflicto nuclear alterará la composición de la biósfera terrestre y sus funciones normales. La temperatura, la luz visible, los efectos atmosféricos y los sistemas agrícolas serán trastornados de manera definitiva.

El impacto de la drástica disminución de la temperatura sobre las plantas y los animales, dependerá de la estación del año en la cual ocurra la depresión, su duración y los límites de tolerancia de cada especie particular. En zonas con cambios climáticos bruscos el efecto puede ser no tan radical como en aquellas regiones templadas o tropicales.

Sin embargo la fotosíntesis vegetal se verá reducida, o incluso interrumpida, para muchas especies. Las principales consecuencias de esto serán, la ruptura de cadenas alimenticias –muchas de las cuales incluyen al hombre como consumidor final– y la destrucción y muerte de la mayoría de las especies vegetales debido a la reducción sustancial de su productividad neta causada por la reducción de la luz solar incidente sobre sus hojas. Asimismo, la reducción e interrupción de la fotosíntesis vegetal trastornará el proceso de eliminación del bióxido de carbono presente en grandes concentraciones en la atmósfera, provocado por los enormes incendios.

Después de una guerra nuclear vastas cantidades de otros contaminantes del aire, como monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno, cloruros de vinilo, dioxinas y furanos serán liberados cerca de la superficie terrestre. Estos contaminantes afectarán severamente los sistemas agrícolas y los ecosistemas terrestres y acuáticos.

También debido al invierno nuclear el crecimiento normal de los granos y cereales se verá interrumpido; el agua, por otra parte, no se encontrará en forma líquida y las lluvias no se producirán normalmente, afectando con eso el funcionamiento de los agrosistemas. La agricultura organizada, tal como la conocemos, no existirá; y es probable que la variabilidad genética de las especies vegetales se reduzca drásticamente.



Áreas afectadas por las nubes del invierno nuclear, a 10 días (fig 2a) y a 20 días (fig. 2b) después del conflicto. Las unidades se refieren a profundidad óptica. Las profundidades 2.5

y 1.0 y 0.4 corresponden a reducciones de la energía solar que alcanza la superficie, del 99, 85 y 50 por ciento, respectivamente. (S.L. Thompson, 1985).

Los ecosistemas, al estar expuestos a bajas temperaturas, fuego, tormentas, y otros efectos físicos, serán afectados en sus funciones principales, como la regulación de la composición atmosférica, la moderación del clima, la regulación del ciclo hidrológico, la generación y preservación de los suelos, la degradación de desechos y el reciclamiento de nutrientes.

Otras consecuencias funestas para los ecosistemas terrestres incluyen la destoxificación lenta del agua y el aire como consecuencia secundaria del daño provocado en las plantas, la evapotranspiración reducida de los vegetales, que causará la reducción de la entrada de agua en la atmósfera; y un gran disturbio de la superficie de los suelos, provocando una erosión acelerada y enormes tormentas de polvo.

En los ecosistemas acuáticos las cadenas alimenticias se interrumpirán debido a los distintos niveles de congelamiento de gran parte del agua dulce, y a la baja producción de plancton en los océanos.

Las consecuencias que acabamos de mencionar son quizá las más importantes que afectarán la biósfera. Es necesario hacer notar que estos efectos *se influyen a sí mismos*; esto dificulta establecer una jerarquización de la prioridad y la intensidad del modo como trastornarán a los organismos vivientes, microscópicos y macroscópicos, vegetales y animales.

Las radiaciones

Por si fuera poco, durante el invierno nuclear y aún después, se desencadenarán otros efectos capaces por sí solos de provocar situaciones catastróficas a gran escala. Estos efectos son los distintos tipos de radiaciones. La radiación ionizante es una de ellas y su aumento será resultado directo del flujo de neutrones y rayos gamma de las bolas de fuego, de la lluvia radioactiva y de la circulación del aire por toda la superficie terrestre. Con respecto a esta radiación, la dosis letal media de exposición para un ser humano es del orden de 350 a 500 rem (unidad de radioactividad) recibida en todo el cuerpo en 48 horas. La mayor parte de los mamíferos y algunas plantas tienen dosis medias letales menores a los 1000 rem e incluso menos. En un conflicto que involucre explosiones por 5700 Mt se calcula que en menos de las 48 horas mencionadas los seres vivos en un área de 5×10^6 Km² recibirán el 85%

de la dosis mortal de radiación ionizante. Se estima, también, que el 2.5 de la superficie del Hemisferio Norte será afectada por la radiación, matando árboles y plantas en la zona. El total de personas afectadas podría exceder los mil millones.

Debemos añadir que el ataque a reactores, depósitos de combustible nuclear, y plantas de procesamiento de material fisible provocarán dosis mayores de radiaciones, hecho que debemos tomar en cuenta.

Por otra parte, en las semanas siguientes al conflicto, las capas de humo y polvo absorberán la radiación ultravioleta, que de otra forma sería retransmitida por la recién destruida ozonófera. Después de un año, esta radiación ultravioleta se incrementará en un factor de dos, debido a la desaparición parcial de las mismas capas de humo y polvo. El exceso de radiación ultravioleta afecta primordialmente a las hojas de los vegetales y al plancton marino. En los mamíferos terrestres, incluyendo al hombre, las dosis excesivas les producirán cataratas y ceguera, y suprimirá sus sistemas inmunológicos de defensa.

La extinción

Los estudios realizados hasta el momento no excluyen, de ninguna manera, que los efectos a largo plazo del conflicto nuclear pudiesen provocar la extinción de la humanidad y de la mayoría de las especies vivas vegetales y animales. El impacto sobre la biósfera y los ecosistemas es de un grado todavía insospechado en su totalidad y magnitud⁶.

Seguramente la disponibilidad de alimentos será reducida en todo el mundo, ya que las reservas se encontrarán destruidas, contaminadas, o serían rápidamente consumidas.

Debido a que los vegetales comestibles se habrán limitado, la gran mayoría de los vertebrados, no eliminados por el fuego y las radiaciones, corren riesgo de congelarse o ser víctimas de la falta de alimento y de agua líquida. Las especies animales contaminadas estarían indisponibles para el consumo, provocando en primer instancia, el hambre y la inanición de los seres humanos. A continuación se muestra un resumen de los efectos potenciales y las consecuencias ecológicas provocada por el conflicto nuclear.

Los modelos analizados en los artículos que hemos citado, no constituyen los más severos que se pueden imaginar tomando en cuenta los arsenales existentes en la actualidad y los que las potencias contemplan para el futuro.

Por los efectos biológicos, atmosféricos y climáticos de una guerra generalizada es evidente que no habrá vencedor posible.

La extinción total de la raza humana y de la civilización moderna es una amenaza real y debe constituir la más efectiva de las armas disuasorias. A menos que queramos continuar redactando un grotesco relato de ciencia ficción: *el reporte de nuestra propia desaparición*.

Ecosistemas naturales terrestres

Frío extremo, independiente de la estación y extensión sobre la Tierra, daño a plantas, particularmente en el Hemisferio Norte y en los trópicos. La oscuridad corta severamente la fotosíntesis, eliminando la productividad en las plantas. Indisponibilidad de agua fresca, la oscuridad provoca *stress* en los animales, con mortalidad difundida. Las tormentas, de intensidad sin precedentes, devastarán los ecosistemas en los continentes.

Muchas plantas perennes resistentes y la mayoría de las semillas de plantas en latitudes templadas podrán sobrevivir, pero la productividad vegetal será disminuida significativamente. Cuando la atmósfera se limpie, el incremento en rayos ultravioleta puede dañar plantas y perjudicar los sistemas visuales de muchas especies animales. La productividad primaria limitada causará intensa competencia por recursos entre los animales. Muchas especies tropicales continuarán sufriendo daño o reducción a su productividad debido al cambio de temperatura. Extinción generalizada de los vertebrados.

El potencial básico para la productividad primaria y secundaria podría, gradualmente, recuperarse; no obstante, el daño irreversible extendido a los ecosistemas continuarían respondiendo a las perturbaciones y pasaría mucho tiempo antes que las redundancias funcionales puedan reestablecer la homeostasis de los ecosistemas. La pérdida masiva de especies, sobre todo en áreas tropicales, podría reducir la diversidad genética de éstas.



Ecosistemas naturales acuáticos

Las temperaturas extremas resultarán en la formación generalizada de hielo en la mayoría de los sistemas acuáticos, particularmente en el Hemisferio Norte y en las áreas de latitud media de los continentes. Los ecosistemas marinos serán afectados en gran medida. La reducción de la luz podrá terminar con la producción del fitoplancton, eliminando la base soporte para muchas especies animales marinas y de agua dulce. Las tormentas en las costas continentales afectarán la vida marina en zonas costeras. Las fuentes potenciales de alimentos no podrán ser accesibles a los humanos o se encontrarán contaminadas con sustancias tóxicas.

La pérdida temprana del fitoplancton continuará provocando colapsos de población en muchas especies herbívoras y carnívoras en los ecosistemas marinos; las comunidades bentoicas no se afectarán. Los ecosistemas de agua dulce podrán recuperarse, pero muchas especies ya se habrán extinguido. Los organismos en los ecosistemas marinos y de agua dulce templados, adaptados

a fluctuaciones estacionales de temperatura, podrán recuperarse más rápido y extensamente que aquellos de regiones tropicales.

La recuperación podría proceder más rápidamente que para los ecosistemas terrestres. La extinción de especies se daría en mayor número en áreas tropicales. Los ecosistemas de las costas empezarían a contener fuentes de alimentos contaminados.

Agroecosistemas

Las temperaturas extremas y los niveles bajos de luminosidad, imposibilitarán virtualmente cualquier productividad neta de los cultivos en cualquier parte de la Tierra. Los suministros de alimentos en las zonas atacadas se destruirán, se contaminarán, o se agotarán rápidamente. Los países importadores no atacados perderían subsidios de Norte América y otros exportadores de alimentos.

La productividad potencial de cultivos se mantendrá baja debido a las continuas, aunque menos extremas, depresiones de temperatura. La luz solar no se debilitará pero se incrementará la radiación ultravioleta. Las precipitaciones reducidas y la pérdida de suelos por las tormentas reducirán la productividad potencial. La agricultura organizada no se dará como tal, y los subsidios modernos de energía, fertilizantes y pesticidas no estarían disponibles. Los alimentos almacenados estarán indisponibles y los animales de carga sufrirán mortandad extendida y/o consumo por humanos.

El potencial biótico para producción de cultivos podría ser restaurado. Los factores limitantes para este reestablecimiento estarían relacionados con el agua, energía, fertilizantes, pesticidas y protección contra enfermedades.

Sistemas sociales humanos

Los sobrevivientes a los efectos inmediatos (fuego, explosiones, radiación ionizante inicial) podrán incluir quizá al 50 ó 70 por ciento de la población terrestre. Temperaturas extremas, oscuridad, tormentas violentas, y pérdidas de abrigo y fuentes de combustible, resultarán en mortalidad extendida debido a la exposición, inanición, pérdida de agua potable, y sinergismos con

otros impactos como la radiación, malnutrición, desaparición de tratamientos médicos y *stress* psicológico. Los sistemas de soporte social para alimentos, energía, transporte, medicamentos, comunicaciones, y muchos más, cesarán sus funciones.

Los impactos climáticos se reducirán considerablemente, pero la exposición se mantendrá en seres humanos. La pérdida del soporte agrícola dominará los impactos adversos en la salud de los humanos. Los sistemas sociales no funcionarán adecuadamente. Con el retorno de la luz solar y la radiación ultravioleta, ocurrirán daños oculares extendidos por todo el mundo. Los efectos psicológicos, la exposición a la radiación, así como otros efectos sinérgicos, continuarán afectando adversamente a los humanos. Se extenderán las epidemias y pandemias.

Los efectos climáticos no serán el factor primario limitante para la recuperación humana. Los grados de reestablecimiento del orden social y los sistemas de soporte humano, limitarán el grado de crecimiento de la población humana. Las capacidades de adaptación humana permanecerán severamente rebajadas desde las condiciones de pre-guerra, por un largo periodo de tiempo.

Impacto

Radioactividad local y global debido a detonaciones nucleares.

Aumento de la radiación ultravioleta incidente.

Fuego e incendios.

Contaminación química de aguas superficiales.

Contaminación química de la atmósfera

Intensidad o extensión

De 100 a 200 rem en el Hemisferio Norte.

Incremento cuadruplicado en el Hemisferio Norte.

Incendios generalizados en el Hemisferio Norte; más del 5 por ciento de los ecosistemas terrestres afectados.

Pirotoxinas; liberadas desde áreas de almacenamiento de productos químicos.

Liberación alta de NO, ozono, polutantes pirogénicos debido a detonaciones; liberación de compuestos tóxicos orgánicos debido a incendios en áreas urbanas y centros de almacenamiento de químicos.

Mecanismo de efecto

Efectos directos sobre la salud; depresión de sistemas de inmunidad; radiosensitividad de especies; efectos genéticos.

Supresión de la fotosíntesis; efectos directos sobre la salud; daño a sistemas de visión; depresión de sistemas de inmunidad.

Pérdida directa de plantas; daño a los almacenes de alimentos; cambios en el albedo; destrucción del hábitat.

Efectos directos sobre la salud; sensibilidad diferencial de especies; bioconcentración.

Efectos directos sobre la salud, precipitación o lluvia ácida.

Consecuencias en ecosistemas

Alteración de estructuras tróficas; reemplazo por especies oportunistas; anomalías genéticas y ontogenéticas.

Reducción en la productividad primaria; alteraciones en estructuras tróficas marinas; ceguera en animales terrestres; efectos del comportamiento en insecto, incluyendo polinizadores.

Deforestación y desertificación, cambios climáticos locales; erosión a gran escala; pérdida de nutrientes; extinción de especies.

Pérdida de organismos; contaminación continuada de sistemas acuáticos superficiales y profundos; pérdida de agua para consumo humano.

Humo extendido; acidificación del agua potable; pérdida de nutrientes.

Bibliografía

1. Berger A. El Invierno Nuclear, en *Mundo Científico* 6, 948-958 (1987).
2. Turco R.T. et. al. Efectos Climáticos de una Guerra Nuclear, en *Investigación y Ciencia* 97, 6-18 (1984).
3. Covey C. et. al. Global Atmospheric Effects of Massive Smoke Injections form a Nuclear War: Results from General Circulations, en *Nature* 308, 21-25 (1984).
4. Smith R.J. NRC Panel Envisions Potencial Nuclear Winter, en *Science* 226 1403 (1984).
5. Crutzen P.J. y J.M. Birks. The Atmosphere After a Nuclear War: Tuilight at Noon, en *Ambio* 11, 119-125 (1982).
6. Smith R.J. A Grim Portrait of the Postwar World, en *Science* 229, 1245-1246 (1985).



UNIVERSIDAD
IBEROAMERICANA



II SEMINARIO LA UNIVERSIDAD Y LOS DERECHOS HUMANOS EN AMÉRICA LATINA

7, 8 y 9 de noviembre de 1990

El Seminario pretende constituirse en un foro académico interdisciplinario para el análisis del papel de la Universidad Latinoamericana en la enseñanza e investigación para la promoción y defensa de los derechos humanos. Se espera analizar y evaluar críticamente las experiencias universitarias en este campo y proponer alternativas para hacer más eficientes las acciones universitarias encaminadas a asegurar la vigencia y el respeto a los derechos humanos en nuestras sociedades.