

**DIAGNOSTICO DEL EFECTO DE LA
MIGRACIÓN HACIA
LIMA METROPOLITANA
CASO : EFECTOS SOBRE LAS ÁREAS
AGRÍCOLAS
PROCESO DE MARKOV FINITO**

AUTORES

ESTHER BERGER VIDAL

INES GAMBINI LOPEZ

CARMELA VELÁSQUEZ PINO

NOVIEMBRE - 2000

INTRODUCCIÓN

Múltiples factores han producido una migración, con creciente tendencia hacia la ciudad de Lima desde diversos lugares del interior del Perú.

Estos factores son:

1. El centralismo económico, político, educativo y cultural en esta ciudad (Lima).
2. El contraste entre el lento avance tecnológico de las zonas del interior y el acelerado avance que ocurre en Lima.
3. Las políticas poco efectivas de apoyo al desarrollo agrícola.
4. La deficiencia en los medios de transporte y comunicación, que mantienen en poca relación a las ciudades de mayor movimiento y desarrollo con las del interior.
5. Los desastres naturales que dificultan la principal actividad económica que es la agricultura, a la que está ligado el alto porcentaje de la población de provincias.
6. Los problemas de carácter socio-político vividos en la última década, cuyas consecuencias han obligado a la población a trasladarse a lugares donde los efectos de esta situación son menores.

Como consecuencia de la alta tasa de migración hacia la provincia de Lima tenemos lo siguiente:

1. Deficiencias significativas en el suministro de servicios básicos, tales como agua, luz, desagüe, acopio de basura, etc.
2. Crecimiento desorganizado de Asentamientos Humanos y Pueblos Jóvenes, habiendo surgido nuevas calles sin asesoramiento urbanístico y habiéndose construido viviendas sin el control de construcción necesario.

3. Invasión de la propiedad pública y privada.
4. Disminución de las áreas cultivadas de la provincia de Lima por causa de la urbanización de estas tierras.
5. Incremento descontrolado de la población de Lima, con las siguientes consecuencias:
 - 5.1 Tugurización de viviendas.
 - 5.2 Disminución de la seguridad ciudadana por aumento de la delincuencia.
 - 5.3 Incremento del desempleo y subempleo.
 - 5.4 Surgimiento y desarrollo del comercio y producción informal sin los controles de calidad y seguridad necesarios.
 - 5.5 Incremento del transporte informal.
 - 5.6 Contaminación ambiental de todo tipo: por ruidos, por desechos tóxicos, congestionamiento del tránsito vehicular, basura, etc.

Todas estas consecuencias, las cuales vivimos diariamente como miembros de nuestra ciudad, han motivado este estudio que consideramos un primer paso para el análisis total de las consecuencias presentes y futuras que la gran migración poblacional ha producido en Lima.

Nuestra misión es determinar las consecuencias de la migración si no se ejercen las acciones necesarias para responder sus efectos.

La migración hacia la ciudad de Lima puede controlarse parcialmente si las regiones del interior del país reciben el apoyo necesario para su desarrollo económico, social, cultural, educativo, y así alcanzar los beneficios que el estado debe otorgar a todo el país.

En este primer paso hemos estudiado las consecuencias sobre las áreas agrícolas de Lima Provincia más poblada del país; si las tendencias actuales se mantienen, se producirá mayor escasez de alimentos debido a la posibilidad de alejamiento de los centros de producción.

Este estudio se ha basado en considerar que los cambios de estado de las tierras de Lima siguen el proceso de Markov. Las áreas consideradas para el estudio han sido divididas en URBANA, CULTIVADA Y ERIAZA.

Nuestra preocupación al respecto radica en el tipo de crecimiento urbano de la ciudad de Lima, el cual como un caso sui géneris para las grandes ciudades, es horizontal y no vertical como en la mayoría de los casos.

RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Con el objeto de estimar el área territorial en porcentajes correspondientes a las zonas **urbana, cultivada y erlaza** de la provincia de Lima, se recurrió a la **Carta Nacional** elaborada por el **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** en Lima - Perú, que fuera publicada en los años 1971 y 1986.

En la preparación de la Carta Nacional de 1971 el IGN utilizó métodos estereofotogramétricos (B-8) de fotografías aéreas tomadas en 1961, control horizontal y vertical, en colaboración con el IAGS, clasificación de campo en 1969, Escala de compilación 1: 25,000.

Para la Carta Nacional de 1986, el IGN usó métodos estereofotogramétricos (A-8 , B-8) de fotografías aéreas tomadas en 1961-1962, control horizontal y vertical, clasificación de campo 1966 - 69 - 86, Escala de Compilación 1: 25,000, actualizando así la Carta Nacional de 1971.

El territorio observado, la Provincia de Lima, abarca los valles bañados por los ríos Rímac, Chillón, Lurín, Chilca y Santa Eulalia.

El área en estudio está delimitada por los siguientes distritos y provincia:

N - O Distrito de Ancón

N - E Distrito de Carabaylo

E Distrito de Chaclacayo (Ricardo Palma)

S - E Distrito de Lurin

S - O Distrito de Pucusana

O Provincia Constitucional del Callao y el Océano Pacífico

De la Carta Nacional de 1971 se obtuvo la siguiente distribución:

ZONA	URBANA	CULTIVADA	ERIAZA	TOTAL
Nº Cuadros	27	35	160	222
%	12	16	72	100

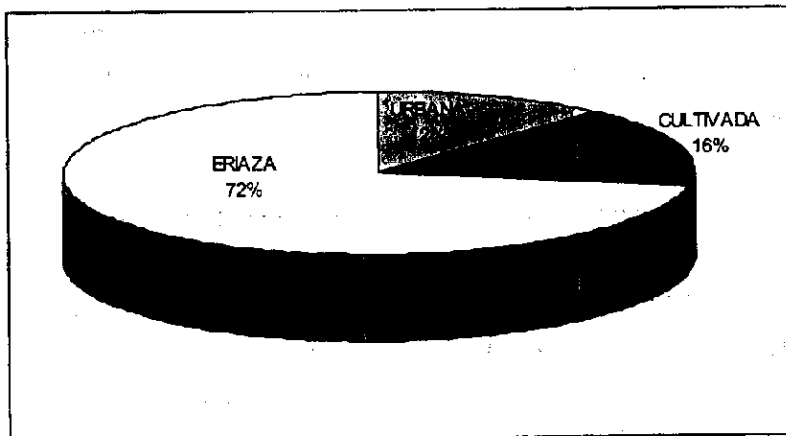
En la Carta Nacional de 1986, la distribución varió como se muestra a continuación:

ZONA	URBANA	CULTIVADA	ERIAZA	TOTAL
Nº Cuadros	40	22	160	222
%	18	10	72	100

Es así que el territorio de la Provincia de Lima en 1971 y 1986 presentaba la siguiente conformación:

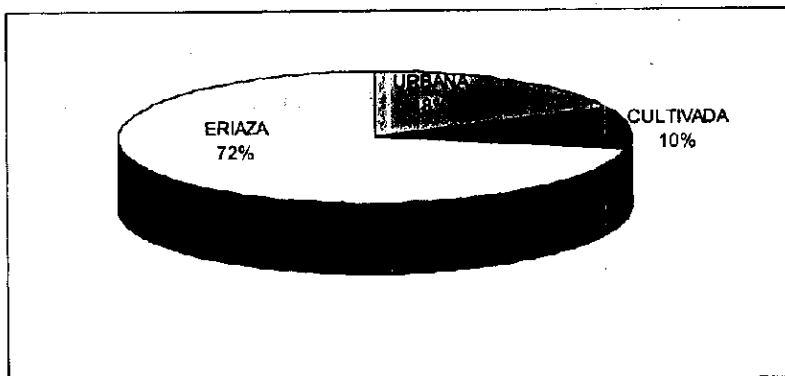
ZONAS EN LIMA 1971

Fig. 1



ZONAS EN LIMA 1986

Fig. 1



MODELADO DEL SISTEMA

El presente estudio utiliza una Cadena de Markov para representar el comportamiento de las zonas urbana, cultivada y eriaza de la Provincia de Lima a través del tiempo.

Considerando que:

1. Un área territorial puede adoptar cualquiera de los Estados básicos: Urbana, Cultivada o Eriaza, mutuamente excluyentes y $S = \{ \text{URBANA, CULTIVADA, ERIAZA} \}$ es el espacio de estados.
2. Se pueden producir cambios o transiciones entre los estados, es decir, por ejemplo, un área cultivada puede pasar a ser eriaza o urbana; o un área eriaza puede llegar a ser urbana o seguir siendo eriaza, a través del tiempo.
3. Si un área está en un estado en el presente, éste depende únicamente del estado en el que estuvo en el pasado inmediato.

En consecuencia, los movimientos entre las zonas del territorio de la Provincia de Lima se comportan de acuerdo a un **Proceso de Markov**.

Los estados de la **Cadena de Markov Finita** a tener en cuenta son:

ZONA	ESTADO
Urbana	U
Cultivada	C
Eriaza	E

$S = \{ U, C, E \}$ = Espacio de estados finito.

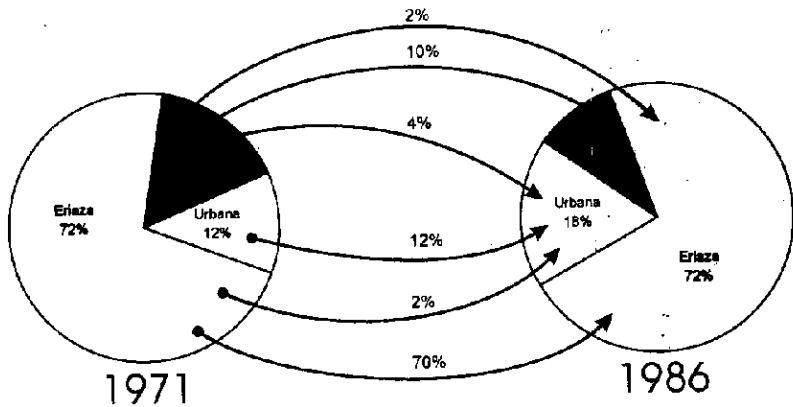
El Espacio Paramétrico T está constituido por los años de publicación de la Carta Nacional, así:

$$T = \{1971, 1986, \dots\} = \{0, 1, \dots\}$$

La intercomunicación entre los estados o las transiciones entre los estados se van a representar por las Probabilidades de Transición de un paso $P_{ij}, i, j = U, C, E$, que constituyen la MATRIZ DE MARKOV "P" de un paso. Para este estudio "1 paso" $\equiv n = 1 \equiv 15$ años.

A fin de determinar la matriz P se observa las posibles transiciones que se dan entre los estados como se muestra en la fig. 2

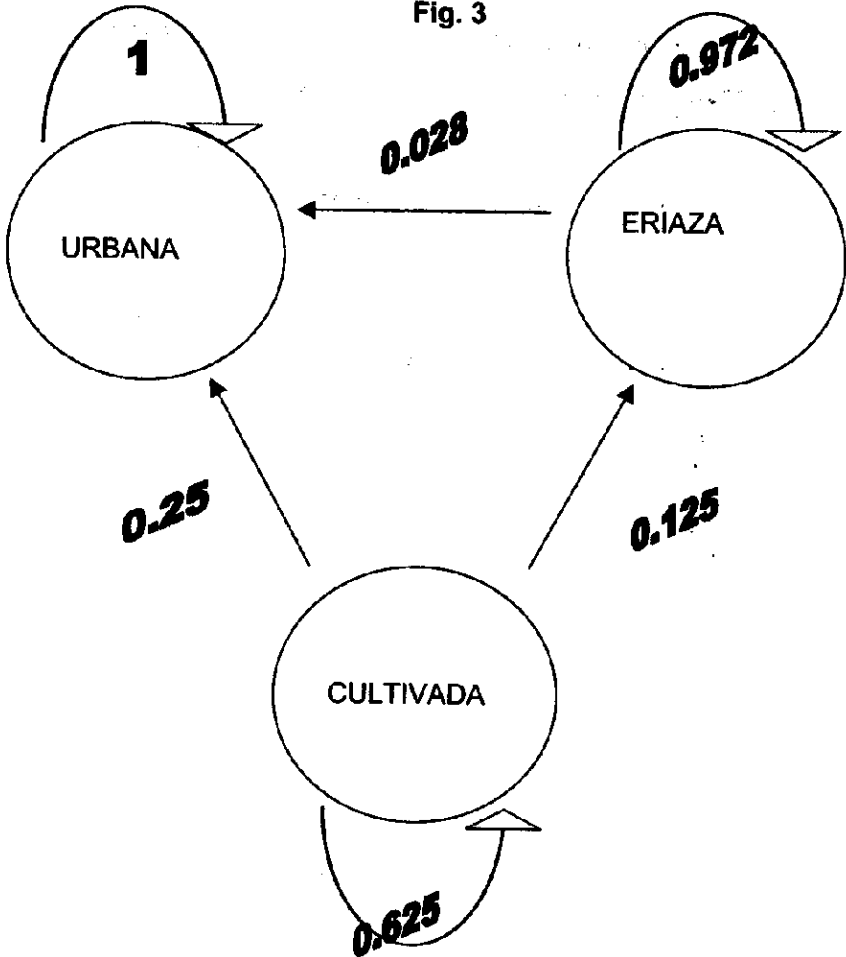
Fig. 2



 Cultivada
 Urbana
 Eriaza

DIAGRAMA DE TRANSICIONES

Fig. 3



Luego, la matriz P adopta la forma:

		Año 1986 $t=1$		
		U	C	E
$P=1971$	$t=0$	U	C	E
		1	0	0
	C	0.25	0.625	0.125
	E	0.028	0	0.972

$P_{UU} = P(X_1 = U / X_0 = U) = 1$, debido a que la zona urbana (12%) de 1971 continuó siendo urbana (18 %) en 1986.

$P_{UC} = 0 = P_{UE}$, debido a que la zona urbana no pasó a ser ni cultivada ni eriaza.

$P_{CU} = 0.25$ debido a que:

16% (C en 1971) fue el 100%, por tanto, el 4% de (C en 1971 que pasó a U en 1986) es 0.25.

$P_{CC} = 0.625 = P(X_1 = C / X_0 = C)$ debido a que:

16% (C en 1971) fue el 100%, por tanto, el 10% de (C en 1971 que continuó en C en 1986) es 0.625.

$P_{CE} = 0.125 = P(X_1 = E / X_0 = C)$ debido a que:

16% (C en 1971) fue el 100%, por tanto, el 2% de (C en 1971 que pasó a E en 1986) es 0.125.

$P_{EU} = 0.028 = P(X_1 = U / X_0 = E)$ debido a que:

72% (E en 1971) fue el 100%, por tanto, el 2% de (E en 1971 que pasó a U en 1986) es 0.028.

$P_{EE} = 0.972 = P(X_1 = E / X_0 = E)$ debido a que:

72% (E en 1971) fue el 100%, por tanto, el 70% de (E en 1971 que continuó en E en 1986) es 0.972.

Las Probabilidades de Transición se han calculado observando las transiciones entre los estados, mostradas en la fig. 2.

Podemos ahora clasificar los estados de la Cadena de Markov (fig.3. diagrama de transiciones) como:

URBANA = U Estado recurrente, más aún, absorbente.

CULTIVADA = C Estado transitorio o transiente.

ERIAZA = E Estado transitorio o transiente.

En las **clases** asociadas con $C_I = \{U\}$, $C_{II} = \{C\}$, $C_{III} = \{E\}$, ningún estado se comunica con otro diferente a él.

Las clases de estados **recurrentes y transientes** son respectivamente:

$C_R = \{U\}$ y $C_T = \{C, E\}$. Esta última no es **clase cerrada minimal** porque los estados no se comunican entre sí.

La cadena de Markov resultante es una cadena de estados recurrentes y transientes en la que interesa su comportamiento en relación con sus estados transitorios.

Para nuestro propósito vamos a considerar la **forma canónica** de la matriz de probabilidades transición P :

		RECURRENTES		TRANSIENTES	
RECURRENTES	U	1	P_1	0	0
	C	0.25		0.625	0.125
	E	0.028		0	0.972
TRANSIENTES			R		Q

En el estudio de una Cadena de Markov con estados recurrentes y transientes interesa analizar entre otros los siguientes problemas:

1. Suponiendo que el proceso se encuentra en un estado inicial transiente " i ":
 - 1.1 ¿Cuál es el número promedio de visitas que realiza a otro estado transitorio " j " ($i, j \in C_T$) antes de pasar a un estado recurrente?.
 - 1.2 ¿Cuál es la varianza?.
2.
 - 2.1 ¿Cuál es la media?.
 - 2.2 ¿Cuál es la varianza del número de pasos requeridos para dejar la clase transiente C_T ?.

3. Partiendo de un estado $j \in C_T$ ¿Cuál es la probabilidad de pasar a un estado recurrente j ?

PROBLEMA 1

- 1.1 El número promedio de visitas que el proceso realiza a otro estado transiente si inicialmente estuvo en un estado transiente es:

$$M = [\mu_{ij}] = [E[N(i, j)]] = (I - Q)^{-1} \quad i, j \in C_T$$

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} C & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} C \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 2.66 & 11.90 \\ 0 & 35.71 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$\mu_{CC} = E(N_{CC}) = 2.66 \approx 3$, aproximadamente durante tres periodos de tiempo en promedio, la zona cultivada seguirá siendo cultivada, antes de ser urbana.

$\mu_{CE} = E(N_{CE}) = 12$, después de 12 periodos de tiempo en promedio la zona cultivada pasará a ser erícea, antes de ser urbana.

$\mu_{EC} = E(N_{EC}) = 0$, la zona erícea no va a ser cultivada, antes de ser urbana.

$\mu_{EE} = E(N_{EE}) = 35.71 \approx 36$, periodos de tiempo en los cuales seguirá erícea, antes de pasar a ser urbana.

1.2 ¿Cuál es la varianza?

$$[\sigma_{ij}^2] = M(2M_D - I) - M_2$$

$$M_D = \begin{array}{c} C \quad E \\ \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} 2.66 & 0 \\ 0 & 35.71 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{CC} & 0 \\ 0 & u_{EE} \end{bmatrix}$$

$$M_2 = \begin{array}{c} C \quad E \\ \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} (2.66)^2 & (11.9)^2 \\ 0 & (35.71)^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.08 & 141.61 \\ 0 & 1275.20 \end{bmatrix}$$

$$[\sigma_{ij}^2] = \begin{array}{c} C \quad E \\ \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} 4.41 & 696.388 \\ 0 & 1239.4982 \end{bmatrix} \Rightarrow [\sigma_{ij}] = \begin{array}{c} C \quad E \\ \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} 2.1 & 26.39 \\ 0 & 35.21 \end{bmatrix}$$

PROBLEMA 2

2.1 Media del número de pasos requeridos para abandonar la clase transitoria C_T

$$[E(N_i)] = M_p = \left[\sum_{j \in C_T} \mu_{ij} \right]$$

$$[E(N_i)] = \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} 2.66 + 11.90 \\ 0.00 + 35.71 \end{bmatrix} = \begin{array}{c} C \\ E \end{array} \begin{bmatrix} 14.56 \\ 35.71 \end{bmatrix} = M_p$$

$$E(N_C) = 14.56 = 15$$

Interpretación: después de 15 periodos de tiempo, por término medio, el área cultivada se convertirá en urbana.

$$E(N_E) = 35.71 \approx 36$$

Este resultado indica que en un promedio de 36 periodos de tiempo, la zona eriaza pasará a ser urbana.

2.2 Varianza

$$[Var(N_i)] = (2M - I)M_p - M_p^2$$

$$M_p^2 = \left[\left(\sum \mu_{ij} \right)^2 \right] \quad i, j \in C_T$$

$$M_p^2 = \begin{matrix} C \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} (14.56)^2 \\ (35.71)^2 \end{bmatrix} = \begin{matrix} C \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} 211.99 \\ 1275.20 \end{bmatrix}$$

$$[Var(N_i)] = \begin{matrix} C \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} 700.8072 \\ 1239.4982 \end{bmatrix}$$

$$[S(N_i)] = \begin{matrix} C \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} 26.47 \\ 35.21 \end{bmatrix}$$

PROBLEMA 3

Probabilidad de entrar a un estado recurrente partiendo de un estado transitorio.

$$F = [f_{ij}] = M * R ; i, j \in C_T$$

$$F = \begin{matrix} & C & E \\ C & \begin{bmatrix} 2.66 & 11.9 \end{bmatrix} \\ E & \begin{bmatrix} 0.00 & 35.71 \end{bmatrix} \end{matrix} * \begin{matrix} & U \\ C & \begin{bmatrix} 0.250 \end{bmatrix} \\ E & \begin{bmatrix} 0.028 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$F = \begin{matrix} & U \\ C & \begin{bmatrix} 0.99820 \end{bmatrix} \\ E & \begin{bmatrix} 0.99988 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

En consecuencia: $f_{EU} = 0.9982 \approx 1$

Este resultado se ha interpretado como que después de 15 periodos, en promedio, es seguro que la zona cultivada se convierta en urbana.

$$f_{EU} = 0.99988 \approx 1$$

Este resultado significa que después de 36 periodos en promedio, es seguro que la zona eriaza se convierta en urbana.

Se podría también describir probabilísticamente cuál sería la distribución de las zonas Urbana, Cultivada y Eriaza, porcentualmente, a través del tiempo.

Se utilizará la distribución de probabilidades absolutas, las cuales se pueden calcular utilizando la siguiente relación:

$$[P(X_n = j)] = P_0 \quad P^{(n)} = P_0 \quad P^n \quad j = 0, 1, 2, \dots$$

donde P_0 es la distribución de probabilidades del estado inicial del proceso, es decir, en $n = 0$.

n	0	1	2	3	4	5	6	7
Estados (j)								
U	0.12	0.18	0.23	0.26	0.29	0.32	0.3400	0.360
C	0.16	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.0063	0.004
E	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69	0.67	0.6525	0.636

Como se observa, la zona urbana tiende a crecer porcentualmente a través de los períodos de tiempo absorbiendo a las zonas cultivada y eriaza.

La zona cultivada tiende a disminuir a mayor velocidad y porcentaje que la zona eriaza.

Si se conserva la tendencia de las zonas a crecer, en el caso de la urbana, y a decrecer simultáneamente, en lo que respecta a la zona cultivada y, además, teniendo en cuenta las probabilidades calculadas:

$$F_{CU} = 0.9982 = 1$$

$$F_{EU} = 0.9988 = 1$$

Y si no se aplican medidas correctivas, Lima Metropolitana será en el futuro totalmente urbana, perdiendo sus áreas agrícolas.

CONCLUSIONES

1. El último Censo Nacional realizado en nuestro país traduce en cifras definitivas las tendencias que se iniciaron en los años 50. El incremento demográfico y los ciclos migratorios han transformado la faz del país y de la provincia de Lima.
2. Por lo tanto, ya no es posible referirse a una realidad nacional predominantemente agrícola.

Ya en la década del 60 el proceso de migración masiva a las ciudades había llegado a ser apreciable debido a la presión demográfica, el centralismo y la modernización.

3. No sólo la población se ha urbanizado en un 75%, sino que la ciudad se ha convertido en el eje del desarrollo nacional. El siglo XXI ad portas ofrece el reto de enfrentar a una población de Lima habrá crecido por ausencia de planes de desarrollo urbano y regional, la superposición de competencias políticas, la descentralización incierta y desatinada y una conciencia que recién despierta al cuidado del medio ambiente entre otros desafíos del quehacer urbano.
4. Ante estos desafíos, nuestro primer paso ha sido mostrar una advertencia de las consecuencias de la falta de respuesta adecuada como sistema ante los efectos migratorios, en Lima.
Otros objetivos son mostrar los efectos:
 - a. Sociales
 - b. Ambientales.
 - c. Educativos.

- d. Culturales.
 - e. En los Servicios de salud, transporte, limpieza pública, etc. de no tomarse las medidas adecuadas.
5. Por último, no sólo deseamos servir como medio de advertencia, sino también de propuesta de soluciones, para lo cual estamos invitando a investigadores de otras áreas: sociólogos, educadores, ecologistas, médicos. A conformar un equipo de trabajo multidisciplinario.

BIBLIOGRAFIA

1. D.J. Bartholomew, **"Stochastic Models for social Processes"**, Editorial John Wiley and Sons, New York – Toronto, Año 1978.
2. Hillier F.S. y Lieberman, G.J., **"Introducción a la Investigación de Operaciones"**, Mc. Graw-Hill, 1991.
3. Daellenbach, George y Monichele, **"Introducción a Técnicas de Investigación Operativa"**, CECSA, 1990.
4. Coleman, R., **"Procesos Estocásticos"**, Limusa, 1976.
5. Mapas del Instituto Geográfico del Perú.