

# Capítulo 3

## Recopilación de Datos

### 3.1 Patrones de Ocurrencia Eruptiva por Distribución de Poisson

De la Cruz-Reina (1991) publicó que los patrones de ocurrencia eruptiva de la actividad volcánica de explosividad media a alta, (VEI mayor de 3) podían ser descritos por una distribución de Poisson de la forma:

$$p(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (2)$$

Donde  $\lambda$  es el rango promedio de ocurrencia de erupción por unidad de tiempo, es decir, el número total de erupciones en un valor de VEI dividido entre la duración total histórica, y  $p(x)$  es la probabilidad de que  $x$  erupciones ocurran en un cierto intervalo de tiempo.

De la Cruz-Reyna (1993) toma la disponibilidad de los datos históricos del volcán para clasificar el tamaño de la erupción dependiendo del VEI. Estos datos muestran que si las erupciones se toman en cuenta sobre cierto nivel de VEI los eventos aleatorios asociados con los eventos eruptivos pueden ser representados por un proceso no estacionario de Poisson el cual puede ser reducido a un proceso homogéneo de Poisson a través de una transformación en el eje del tiempo. Cuando las erupciones se separan por valores de VEI los patrones de ocurrencia de cada magnitud pueden ser representados por la distribución de Poisson. El análisis de la tasa de ocurrencia de todas las erupciones con VEI mayor que 1 permite reconocer las etapas de actividad volcánica durante los años pasados.

Una buena recopilación de la información histórica y geológica disponible, es decir, una documentación completa de fechas con sus respectivos valores de VEI debería verse reflejada en una mejor definición de la distribución que describe la ocurrencia de las erupciones.

Es por esto que a partir de la historia eruptiva de los volcanes se genere una tabla en la cual se tengan fechadas la mayor cantidad de erupciones posibles con su respectivo VEI. A continuación se presentan el número de erupciones reportadas por categoría VEI, para el volcán Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima:

**Tabla 3.1 Historia eruptiva del volcán Popocatepetl.**

Evento	Fecha inicio	Fecha término	Año	VEI
1	09/01/2005	2010 cont	2005	2*
2	26/05/2004	26/05/2004	2004	2*
3	01/2001	-----	2001	3*
4	21/12/1994	05/10/1995	1994	2**
5	00/01/1947	00/02/1947	1947	1*
6	1942	1943	1942	1*
7	23/01/1933	-----	1933	1*
8	1925	1927	1925	2**
9	27/11/1927	07/03/1924	1927	1*
10	19/02/1919	1922	1919	1*
11	1852	-----	1852	1*
12	1834	-----	1834	1*
13	1827	-----	1827	1*
14	1802	-----	1802	1*
15	1720	-----	1720	1**
16	20/10/1627	-----	1627	1*
17	1666	1667	1666	2*
18	13/10/1663	19/10/1665	1663	3*
19	1642	-----	1642	2**
20	1592	1594	1592	2**
21	1590	-----	1590	2*
22	1580	-----	1580	2*
23	1571	-----	1571	2**
24	1548	-----	1548	2**
25	1542	-----	1542	2*
26	1539	-----	1539	2**
27	1530	-----	1530	2*
28	1528	-----	1528	2*
29	00/09/1519	1523	1519	3**
30	1518	-----	1518	2*
31	1512	-----	1512	2**
32	1509	-----	1509	-----
33	1504	-----	1504	2*
34	1488	-----	1488	2*
35	1363	-----	1363	2*
36	1354	-----	1354	2*
37	1345	1347	1345	2*
38	01/03/823 dC +/- 90 días	-----	823 dC	-----
39	250 dC	-----	250 dC	-----
40	200 aC +/- 300 años	-----	200 aC	-----
41	1890 aC +/- 75 años	-----	1890 aC	-----
42	2370 aC +/- 75 años	-----	2370 aC	-----
43	3010 aC +/- 200 años	-----	3010 aC	4**
44	5150 aC	-----	5150 aC	-----
45	6250 aC +/- 500 años	-----	6250 aC	-----
46	7150 aC	-----	7150 aC	-----

\* Tomado de URL <http://www.volcano.si.edu>

\*\*Tomado de De la Cruz-Reyna (2007)

**Tabla 3.2 Historia eruptiva del volcán Citlaltépetl.**

Evento	Fecha inicio	Fecha término	Año	VEI
1	1846	-----	1846	2**
2	1687	-----	1687	2**
3	1613	-----	1613	-----
4	1569	1589	1569	2**
5	1566	-----	1566	2*
6	1545	1555 +/- 10 años	1545	2**
7	1533	1539	1533	2**
8	1531	-----	1531	2*
9	1260 +/- 50 años	-----	1260	3
10	1187	-----	1187	2*
11	1175	-----	1175	3*
12	1157	-----	1157	2*
13	220 dC +/- 75 años	-----	220 dC	3*
14	140 dC +/- 50 años	-----	140 dC	3*
15	90 dC +/- 40 años	-----	90 dC	3*
16	40 dC +/- 40 años	-----	40 dC	3*
17	780 aC +/- 50 años	-----	780 aC	3*
18	1500 aC +/- 75 años	-----	1500 aC	3*
19	2110 aC +/- 100 años	-----	2110 aC	3*
20	2300 aC +/- 75 años	-----	2300 aC	4*
21	2500 aC +/- 75 años	-----	2500 aC	3*
22	2780 aC +/- 75 años	-----	2780 aC	3*
23	4690 aC +/- 300 años	-----	4690 aC	3*
24	6220 aC +/- 75 años	-----	6220 aC	3*
25	6710 aC +/- 150 años	-----	6710 aC	5*
26	7030 aC +/- 50 años	-----	7030 aC	4*
27	7530 aC +/- 40 años	-----	7530 aC	4*
28	hace 9000-8000	-----	-----	4**

\* Tomado de URL <http://www.volcano.si.edu>

\* Tomado de De la cruz-Reyna, Carrasco-Núñez (2002)

**Tabla 3.3 Historia eruptiva del volcán Colima.**

Evento	Fecha inicio	Fecha término	Año	VEI
1	22/11/1997	2010 cont	1997	3*
2	21/07/1994	21/07/1994	1994	1*
3	01/03/1991	00/10/1991	1991	2*
4	15/06/1988 +/- 180 días		1988	2*
5	02/07/1987	02/07/1987	1987	1**
6	1985	05/01/1986 +/- 4 días	1985	1*
7	11/02/1983	15/02/1983	1983	1*
8	00/12/1977	00/06/1982	1977	1
9	11/12/1975	20/06/1976	1975	2
10	30/01/1973	-----	1973	1
11	1963	1970	1963	1
12	1961	1/12/1966 +/- 30 días	1961	1
13	14/05/1957	1960	1957	1
14	15/04/1941	-----	1941	3
15	1926 +/- 4 años	1931	1962	1
16	17/01/1913	24/01/1913	1913	5
17	18/12/1908	01/07/1909 +/- 30 días	1908	3**
18	1904	1906	1904	1**
19	15/02/1903	00/08/1903	1903	3
20	04/12/1893	1902	1893	2
21	00/07/1891	00/06/1892	1891	2
22	18/11/1890	-----	1890	4**
23	09/08/1889	16/02/1890	1889	4
24	1887	-----	1887	-----
25	26/12/1885	00/10/1886	1895	3
26	1882	1884	1882	1
27	01/12/1880 +/- 30 días	12/04/1881	1880	2
28	23/12/1879	30/04/1880	1879	1**
29	1875	1878	1875	1

30	12/06/1874	-----	1874	1**
31	26/02/1872	27/03/1873	1872	3**
32	1870	1871	1870	----
33	12/06/1869	24/08/1869	1869	3**
34	04/03/1866	1868	-----	-----
35	1819	-----	1819	1
36	15/02/1818	16/02/1818	1818	4**
37	25/03/1806	1809	1806	2
38	1804	-----	1804	2**
39	00/03/1795	00/09/1795	1795	2**
40	00/08/1794	-----	1794	2
41	26/11/1780	-----	1780	2
42	1771	-----	1771	3
43	10/03/1770	12/03/1770	1770	3**
44	1769	-----	1769	2
45	1749	-----	1749	2**
46	1744	-----	1744	2
47	22/10/1743	-----	1743	2
48	1711	-----	1711	3
49	1690	-----	1690	3**
50	08/06/1622	09/06/1622	1622	4**
51	15/04/1611	1613	1611	3**
52	25/11/1606	13/12/1606	1606	4**
53	1602	-----	1602	2
54	14/01/1590	15/01/1590	1590	3**
55	10/01/1585	-----	1585	4**
56	1576	-----	1576	3**
57	1560	-----	1560	2**
58	1519	1523	1519	3
59	1110 +/- 200 años	-----	1110	-----
60	730 dC +/- 100 años	-----	730 dC	-----
61	540 dC +/- 150 años	-----	540 dC	-----
62	650 aC +/- 200 años	-----	650 dC	-----
63	1140 aC	-----	1140 aC	-----
64	1170 aC +/- 200 años	-----	1170 aC	-----
65	1320 aC	-----	1320 aC	-----
66	1450 aC +/- 100 años	-----	1450 aC	-----
67	1890 aC +/- 75 años	-----	1890 aC	-----
68	1940 aC +/- 300 años	-----	1940 aC	-----
69	2370 aC +/- 150 años	-----	2370 aC	4
70	2800 aC +/- 100 años	-----	2800 aC	-----
71	3030 aC +/- 50 años	-----	3030 aC	-----
72	3180 aC +/- 100 años	-----	3180 aC	-----
73	3270 aC	-----	3270 aC	-----
74	3350 aC +/- 300 años	-----	3350 aC	-----
75	3510 aC +/- 200 años	-----	3510 aC	-----
76	3600 aC +/- 200 años	-----	3600 aC	-----
77	4110 aC +/- 100 años	-----	4110 aC	-----
78	4430 aC +/- 300 años	-----	4430 aC	-----
79	4500 aC +/- 200 años	-----	4500 aC	-----
80	4960 aC +/- 200 años	-----	4960 aC	-----
81	5880 aC +/- 200 años	-----	5880 aC	-----
82	6320 aC +/- 200 años	-----	6320 aC	-----
83	7420 aC +/- 500 años	-----	7420 aC	-----
84	7690 aC +/- 500 años	-----	7690 aC	-----

\* Tomado de URL <http://www.volcano.si.edu>

\*\*Tomado de De la Cruz-Reyna(1993)

### 3.2 Secuencia eruptiva Poissoniana dependiente del tiempo.

Muestrear un volcán es más fácil cuando se cuenta con buena información histórica y/o geológica pues se puede obtener correctamente la fecha de las erupciones y su respectivo VEI, lo cual se refleja en un mejor ajuste en la distribución.

Las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6 se construyeron a partir de la historia eruptiva de los volcanes (Tablas 3.1, 3.2 y 3.3) contando el numero de erupciones de cada volcán por década para cada valor de VEI en el rango de 2 y 3 para el caso del Popocatépetl y Citlaltépetl y de 2 a 4 para el caso del volcán de Colima.

**Tabla 3.4 Número de erupciones registradas en el volcán Popocatépetl por valor de VEI (décadas).**

(décadas)	VEI					Núm. Acumulativo	
	2	3	4	≥2	≥3	≥2	≥3
1340-49	1	0	0	1	0	1	0
1350-59	1	0	0	1	0	2	0
1360-69	1	0	0	1	0	3	0
1370-79	0	0	0	0	0	3	0
1380-89	0	0	0	0	0	3	0
1390-99	0	0	0	0	0	3	0
1400-09	0	0	0	0	0	3	0
1410-19	0	0	0	0	0	3	0
1420-29	0	0	0	0	0	3	0
1430-39	0	0	0	0	0	3	0
1440-49	0	0	0	0	0	3	0
1450-59	0	0	0	0	0	3	0
1460-69	0	0	0	0	0	3	0
1470-79	0	0	0	0	0	3	0
1480-89	1	0	0	1	0	4	0
1490-99	0	0	0	0	0	4	0
1500-09	1	0	0	1	0	5	0
1510-19	2	1	0	3	1	8	1
1520-29	1	0	0	1	0	9	1
1530-39	2	0	0	2	0	11	1
1540-49	2	0	0	2	0	13	1
1550-59	0	0	0	0	0	13	1
1560-69	0	0	0	0	0	13	1
1570-79	1	0	0	1	0	14	1
1580-89	1	0	0	1	0	15	1
1590-99	2	0	0	2	0	17	1
1600-09	0	0	0	0	0	17	1
1610-19	0	0	0	0	0	17	1
1620-29	0	0	0	0	0	17	1
1630-39	0	0	0	0	0	17	1
1640-49	1	0	0	1	0	18	1
1650-59	0	0	0	0	0	18	1
1660-69	1	1	0	2	1	20	2
1670-79	0	0	0	0	0	20	2
1680-89	0	0	0	0	0	20	2
1690-99	0	0	0	0	0	20	2
1700-09	0	0	0	0	0	20	2
1710-19	0	0	0	0	0	20	2
1720-29	0	0	0	0	0	20	2
1730-39	0	0	0	0	0	20	2
1740-49	0	0	0	0	0	20	2
1750-59	0	0	0	0	0	20	2
1760-69	0	0	0	0	0	20	2
1770-79	0	0	0	0	0	20	2
1780-89	0	0	0	0	0	20	2
1790-99	0	0	0	0	0	20	2
1800-09	0	0	0	0	0	20	2
1810-19	0	0	0	0	0	20	2
1820-29	0	0	0	0	0	20	2
1830-39	0	0	0	0	0	20	2
1840-49	0	0	0	0	0	20	2
1850-59	0	0	0	0	0	20	2
1860-69	0	0	0	0	0	20	2
1870-79	0	0	0	0	0	20	2
1880-89	0	0	0	0	0	20	2

1890-99	0	0	0	0	0	20	2
1900-09	0	0	0	0	0	20	2
1910-19	0	0	0	0	0	20	2
1920-29	1	0	0	1	0	21	2
1930-39	0	0	0	0	0	21	2
1940-49	0	0	0	0	0	21	2
1950-59	0	0	0	0	0	21	2
1960-69	0	0	0	0	0	21	2
1970-79	0	0	0	0	0	21	2
1980-89	0	0	0	0	0	21	2
1990-99	1	1	0	2	1	23	3
2000-09	2	0	0	2	0	25	3
<b>Total=</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>3</b>		

Tabla 3.5 Número de erupciones registradas en el volcán Citlaltépetl por valor de VEI (décadas).

(décadas)	VEI				Num. Acumulativo	
	2	3	≥2	≥3	≥2	≥3
1150-59	1	0	1	0	1	0
1160-69	0	0	0	0	1	0
1170-79	0	1	1	1	2	1
1180-89	1	0	1	0	3	1
1190-99	0	0	0	0	3	1
1200-09	0	0	0	0	3	1
1210-19	0	0	0	0	3	1
1220-29	0	0	0	0	3	1
1230-39	0	0	0	0	3	1
1240-49	0	0	0	0	3	1
1250-59	0	0	0	0	3	1
1260-69	0	1	1	1	4	2
1270-79	0	0	0	0	4	2
1280-89	0	0	0	0	4	2
1290-99	0	0	0	0	4	2
1300-09	0	0	0	0	4	2
1310-19	0	0	0	0	4	2
1320-29	0	0	0	0	4	2
1330-39	0	0	0	0	4	2
1340-49	0	0	0	0	4	2
1350-59	0	0	0	0	4	2
1360-69	0	0	0	0	4	2
1370-79	0	0	0	0	4	2
1380-89	0	0	0	0	4	2
1390-99	0	0	0	0	4	2
1400-09	0	0	0	0	4	2
1410-19	0	0	0	0	4	2
1420-29	0	0	0	0	4	2
1430-39	0	0	0	0	4	2
1440-49	0	0	0	0	4	2
1450-59	0	0	0	0	4	2
1460-69	0	0	0	0	4	2
1470-79	0	0	0	0	4	2
1480-89	0	0	0	0	4	2
1490-99	0	0	0	0	4	2
1500-09	0	0	0	0	4	2
1510-19	0	0	0	0	4	2
1520-29	0	0	0	0	4	2
1530-39	2	0	2	0	6	2
1540-49	1	0	1	0	7	2

1550-59	0	0	0	0	7	2
1560-69	2	0	2	0	9	2
1570-79	0	0	0	0	9	2
1580-89	0	0	0	0	9	2
1590-99	0	0	0	0	9	2
1600-09	0	0	0	0	9	2
1610-19	0	0	0	0	9	2
1620-29	0	0	0	0	9	2
1630-39	0	0	0	0	9	2
1640-49	0	0	0	0	9	2
1650-59	0	0	0	0	9	2
1660-69	0	0	0	0	9	2
1670-79	0	0	0	0	9	2
1680-89	1	0	1	0	10	2
1690-99	0	0	0	0	10	2
1700-09	0	0	0	0	10	2
1710-19	0	0	0	0	10	2
1720-29	0	0	0	0	10	2
1730-39	0	0	0	0	10	2
1740-49	0	0	0	0	10	2
1750-59	0	0	0	0	10	2
1760-69	0	0	0	0	10	2
1770-79	0	0	0	0	10	2
1780-89	0	0	0	0	10	2
1790-99	0	0	0	0	10	2
1800-09	0	0	0	0	10	2
1810-19	0	0	0	0	10	2
1820-29	0	0	0	0	10	2
1830-39	0	0	0	0	10	2
1840-49	1	0	1	0	11	2
1850-59	0	0	0	0	11	2
Total=	9	2	11	2		

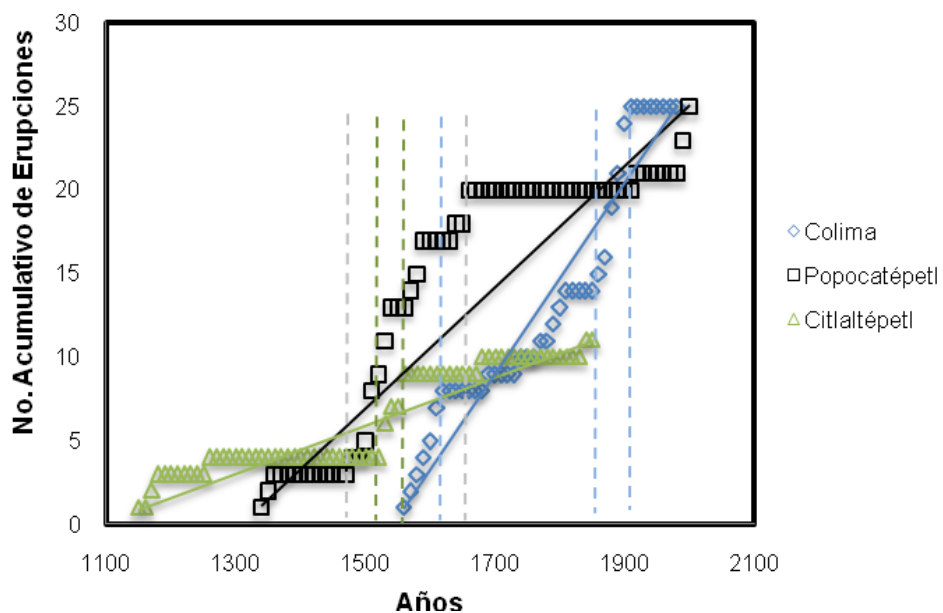
Tabla 3.6 Número de erupciones registradas en el volcán Colima por valor de VEI (décadas).

(décadas)	VEI					Núm. Acumulativo		
	2	3	4	≥2	≥3	≥2	≥3	≥4
1560-69	1	0	0	1	0	1	0	0
1570-79	0	1	0	1	1	2	1	0
1580-89	0	0	1	1	1	3	2	1
1590-99	0	1	0	1	1	4	3	1
1600-09	0	0	1	1	1	5	4	2
1610-19	1	1	0	2	1	7	5	2
1620-29	0	0	1	1	1	8	6	3
1630-39	0	0	0	0	0	8	6	3
1640-49	0	0	0	0	0	8	6	3
1650-59	0	0	0	0	0	8	6	3
1660-69	0	0	0	0	0	8	6	3
1670-79	0	0	0	0	0	8	6	3
1680-89	0	0	0	0	0	8	6	3
1690-99	0	1	0	1	1	9	7	3
1700-09	0	0	0	0	0	9	7	3
1710-19	0	0	0	0	0	9	7	3
1720-29	0	0	0	0	0	9	7	3
1730-39	0	0	0	0	0	9	7	3
1740-49	1	0	0	1	0	10	7	3
1750-59	0	0	0	0	0	10	7	3
1760-69	0	0	0	0	0	10	7	3
1770-79	0	1	0	1	1	11	8	3
1780-89	0	0	0	0	0	11	8	3
1790-99	1	0	0	1	0	12	8	3
1800-09	1	0	0	1	0	13	8	3
1810-19	0	0	1	1	1	14	9	4
1820-29	0	0	0	0	0	14	9	4
1830-39	0	0	0	0	0	14	9	4
1840-49	0	0	0	0	0	14	9	4
1850-59	0	0	0	0	0	14	9	4
1860-69	0	1	0	1	1	15	10	4
1870-79	0	1	0	1	1	16	11	4
1880-89	1	2	0	3	2	19	13	4

1890-99	1	0	1	2	1	21	14	5
1900-09	1	2	0	3	2	24	16	5
1910-19	0	0	1	1	1	25	17	6
1920-29	0	0	0	0	0	25	17	6
1930-39	0	0	0	0	0	25	17	6
1940-49	0	0	0	0	0	25	17	6
1950-59	0	0	0	0	0	25	17	6
1960-69	0	0	0	0	0	25	17	6
1970-79	0	0	0	0	0	25	17	6
1980-89	0	0	0	0	0	25	17	6
<b>Total=</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>17</b>			

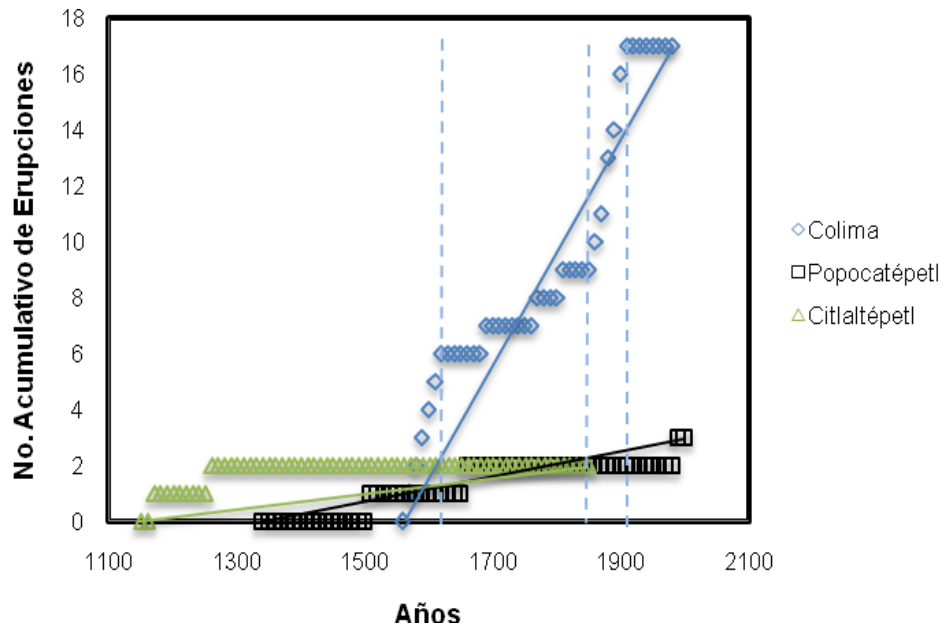
La construcción de una gráfica acumulativa de un volumen de magma expulsado en una serie de erupciones, proporciona importantes herramientas para el análisis de las tasas de producción volcánica. Es por esto que se considera que los patrones de las erupciones siguen una distribución de Poisson

El análisis de las gráficas de número acumulativo contra cada categoría de VEI revela que algunas variaciones en la pendiente de las curvas marcadas con líneas verticales, pueden ser interpretadas como cambios en la tasa de ocurrencia de erupciones. Si estas variaciones corresponden a diferente régimen de actividad eruptiva, y los volcanes Popocatépetl, Citlaltépetl y Colima se comportan como aleatorios no estacionarios entonces podemos considerar los eventos ocurridos en un periodo como una distribución de Poisson. Estas la línea de cada una de las graficas se ajusta al primer y último dato lo cual nos da la pendiente del comportamiento eruptivo.



**Figura 3.1** Número acumulativo de los volcanes Citlaltépetl, Popocatépetl y Colima para la categoría VEI $\geq$ 2. La línea continua tiene una pendiente de 11/71 (negra), 25/67 (roja) y 25/43 (azul) respectivamente y corresponde a la tasa promedio de ocurrencia de las erupciones. Las líneas punteadas marcan el inicio y fin de las diferentes etapas en cada volcán.





**Figura 3.2** Número acumulado de los volcanes Citlaltépetl, Popocatépetl y Colima para la categoría VEI≥3. La línea continua tiene una pendiente de 2/71 (negra), 3/67 (roja) y 17/43 (azul) respectivamente y corresponde a la tasa promedio de ocurrencia de erupciones. Las líneas punteadas marcan el inicio y fin de las diferentes etapas.

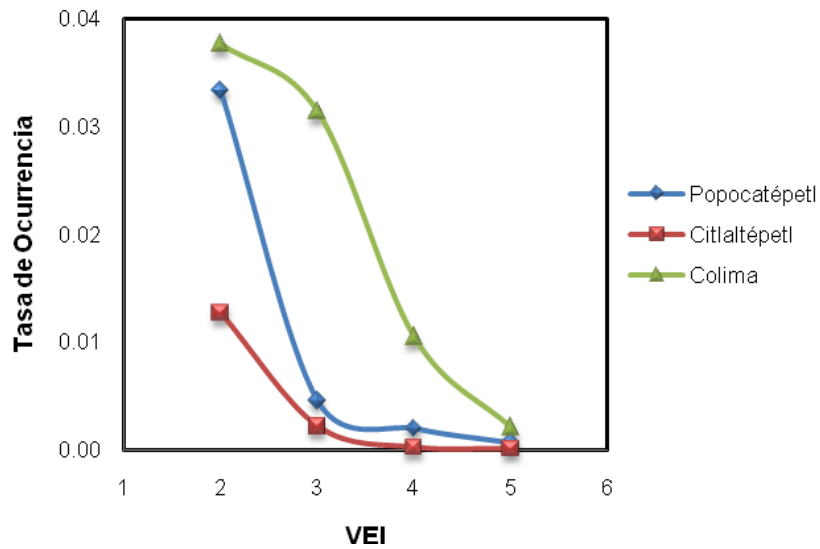
La distribución de Poisson observada (de Tablas 3.4, 3.5 y 3.6) y calculada para VEI ≥ 2 (Figura 3.1) muestra en el caso del volcán Popocatépetl dos cambios en la pendiente lo que sugiere 3 etapas eruptivas distintas durante todo el periodo que se tiene registrado; para el volcán Citlaltépetl se pueden observar también dos cambios de pendiente pero con una segunda etapa de corta duración y para el volcán de Colima tenemos tres cambios en la pendiente de la curva lo cual nos revela 4 periodos distintos con diferentes tasas de ocurrencia. Para un VEI ≥ 3 (Figura 3.2) que en este caso es la erupción más explosiva que se ha registrado en estos volcanes, no muestra en ambos volcanes (Citlaltépetl y Popocatépetl), la variación en la pendiente tan marcada, como la que se observa en el caso del volcán de Colima donde se muestra claramente los cambios para las 4 etapas eruptivas durante todo el periodo datado.

El comportamiento cíclico de las graficas para los volcanes Colima y Popocatépetl junto con los datos petrológicos y la disponibilidad de la información histórica podría ser revisado en términos de ciclos eruptivos pero como los cambios en las tasas de ocurrencia son pocos, no se puede determinar el comportamiento que siguen las erupciones, aunque no se descarta la posibilidad de que este comportamiento pueda ser expresado con una función que en un momento dado represente la secuencia eruptiva que siguen estos volcanes.

Para el cálculo de las tasas de ocurrencia se toma en cuenta la información histórica disponible de cada volcán para obtener el número de eventos ocurridos de una determinada magnitud de VEI en cierto intervalo de tiempo. Así pues se obtiene para los tres volcanes su curva de tasa de ocurrencia eruptiva. (Figura 3.3)

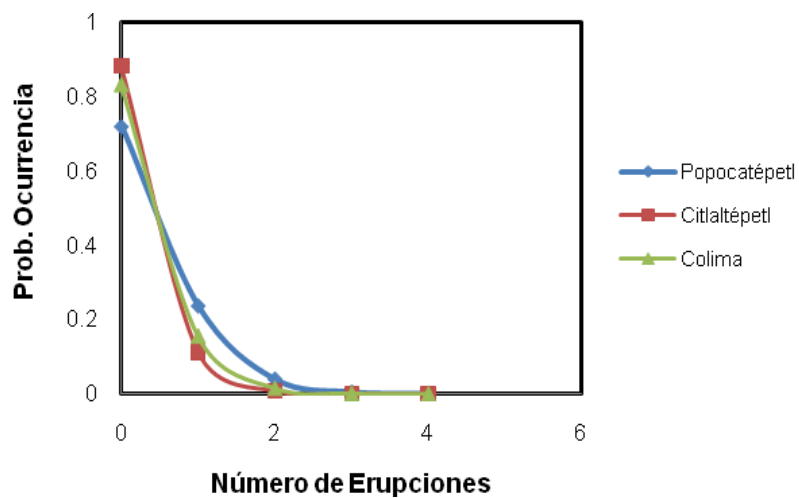
**Tabla 3.7 Tasa de Ocurrencia**

Tasas de ocurrencia			
VEI	Popocatépetl	Citlaltépetl	Colima
2	0,0333	0,0127	0,0377
3	0,0045	0,0022	0,0314
4	0,0020	0,0002	0,0105
5	0,0007	0,0001	0,0021

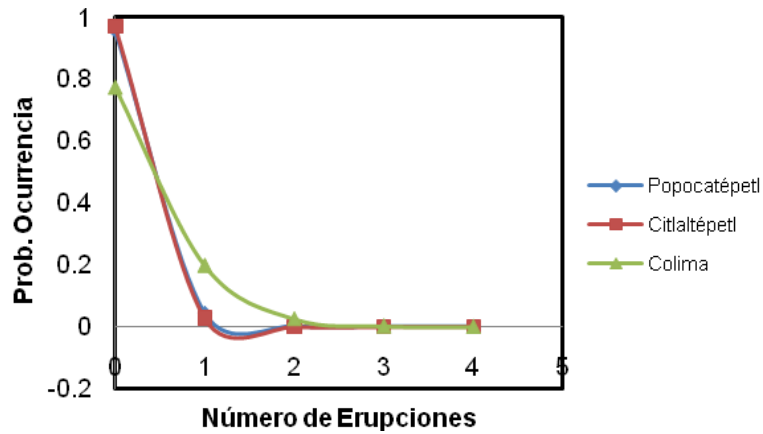


**Figura 3.3 Tasa de erupciones estimadas para los volcanes Popocatépetl, Citlaltépetl y Colima en función a las magnitudes VEI.**

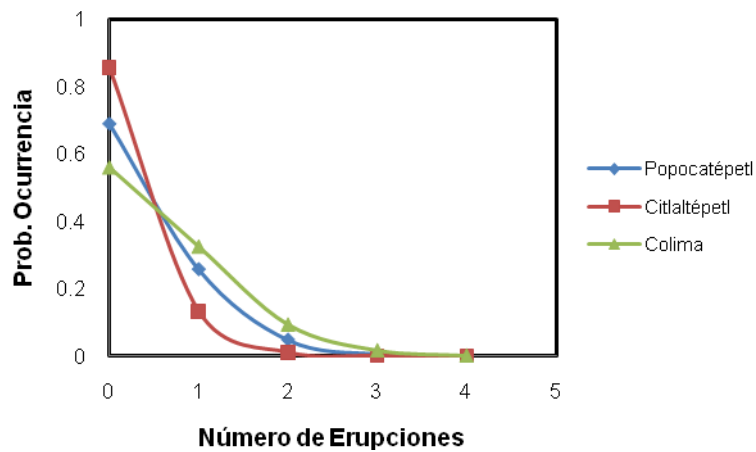
Partiendo de estas tasas de ocurrencia podemos determinar mediante la distribución de Poisson la probabilidad de ocurrencia de los eventos, en la que tomamos en cuenta todo el tiempo que se tiene muestreado para cada volcán, separado en periodos de 10 años y considerando el numero de erupciones de cierto VEI ( $\lambda = nVEI/nT$ ). Asi pues considerando VEI de 2,3 y  $\geq 2$  tenemos las siguientes graficas:



**Figura 3.4 Probabilidad de Poisson con VEI=2 calculada para los volcanes Popocatépetl, Citlaltépetl y Colima ( $\lambda=22/67$ ,  $9/71$  y  $8/43$  respectivamente) durante todo el periodo muestreado.**



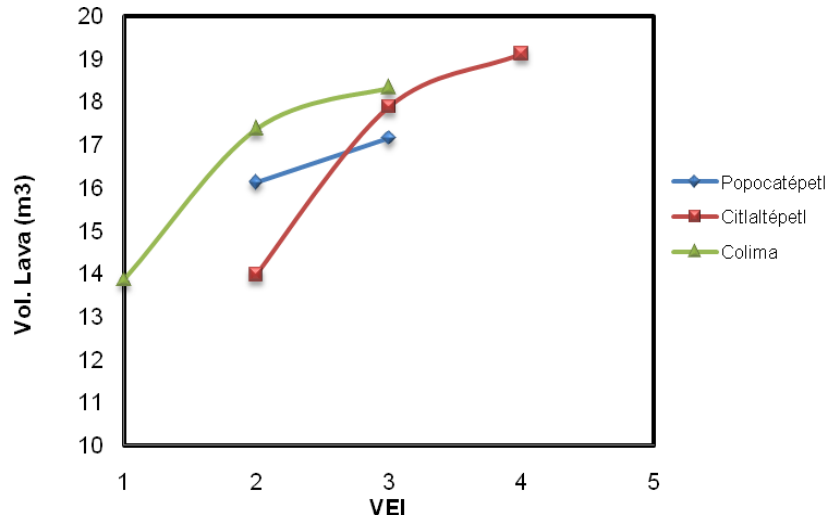
**Figura 3.5 Probabilidad de Poisson con VEI=3 calculada para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima ( $\lambda=3/67$ ,  $2/71$  y  $11/43$  respectivamente) durante todo el periodo muestreado.**



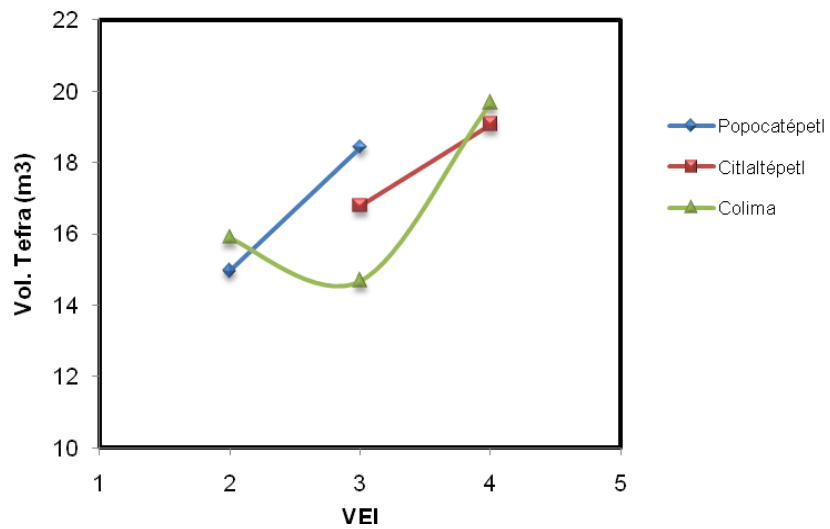
**Figura 3.6 Relación de probabilidad de Poisson con VEI ≥ 2 calculada para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima ( $\lambda=25/67$ ,  $11/71$  y  $25/43$  respectivamente) durante todo el periodo muestreado.**

En las graficas anteriores podemos observar como las erupciones de VEI menores a 3 son las que tienen más probabilidad de ocurrencia basándonos en que se tuviera un comportamiento como función de la distribución de Poisson.

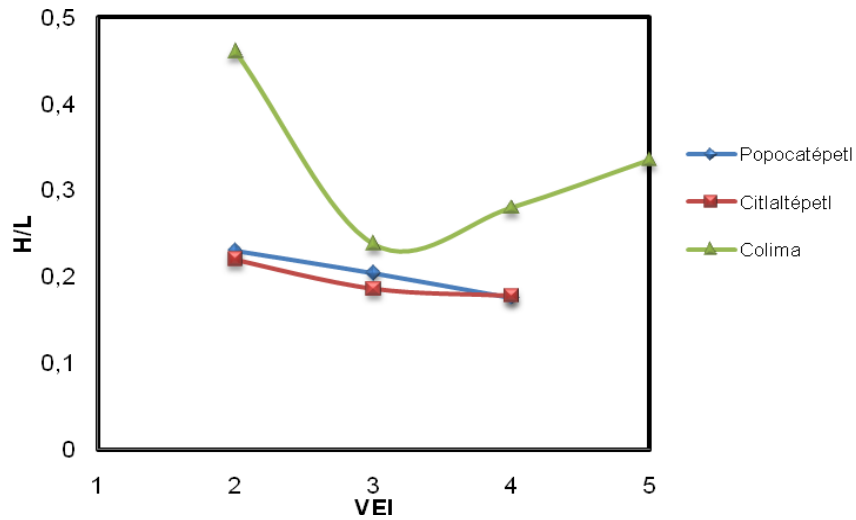
También se pueden considerar otros parámetros para visualizar el comportamiento de los eventos eruptivos, analizando la variación de la altura eruptiva ( $H_c$ ), el volumen de la lava, el volumen de tefra y coeficiente de fricción ( $H/L$ ) con respecto al valor de VEI que se presente. Las siguientes graficas (Figura 3.4 a la 3.7) muestran este comportamiento:



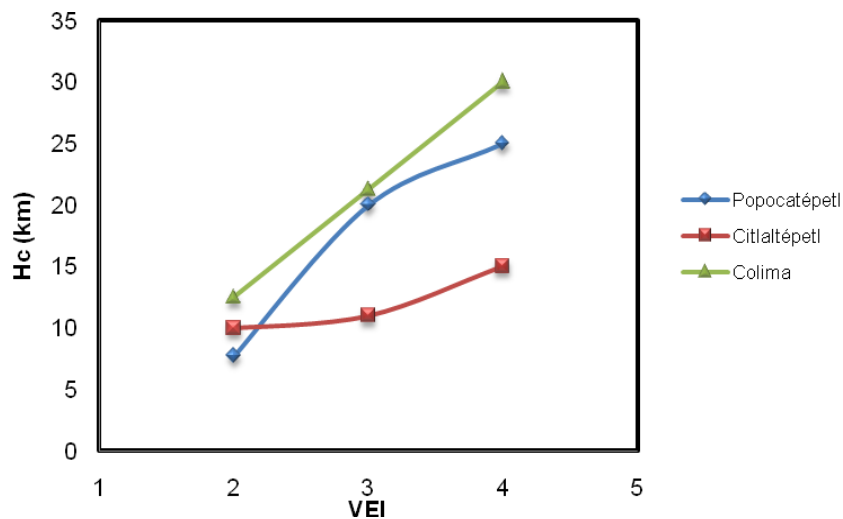
**Figura 3.4** Relación entre el volumen de lava y el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) estimadas para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima.



**Figura 3.5** Relación entre el volumen de tefra y el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) estimadas para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima.



**Figura 3.6** Relación entre el coeficiente de fricción ( $H/L$ ) y el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) estimadas para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima.



**Figura 3.7** Relación entre la altura de la columna eruptiva ( $H_c$ ) y el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) estimadas para los volcanes Popocatepetl, Citlaltépetl y Colima.

De estas graficas podemos observar que mientras más grande es el Índice de Explosividad Eruptiva se registra un mayor volumen de lava y tefra, una columna eruptiva más grande y un mayor alcance horizontal, por consiguiente para un VEI menor todos estos parámetros son inversos es decir, se presenta un menor volumen de lava y tefra, una columna eruptiva y un alcance horizontal menor.