

VOLATILIDAD IMPLÍCITA EN OPCIONES. EL ROL DE LA FÓRMULA DE BLACK AND SCHOLES Y LA POSIBILIDAD DE CÁLCULO SIN ASUMIR UN MODELO DETERMINADO

*Gustavo D´Agostino
Ezequiel Di Nardo
Florencia Enrique
Sebastián Marques
Federico Reif
Javier García Fronti*

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es el cálculo de las volatilidades implícitas en los precios de las opciones a través de diferentes métodos. Como autores del trabajo nos propusimos alcanzar las metas máximas propuestas por el profesor; esto es:

- 1) Realizar el cálculo de las volatilidades implícitas a partir de algún método de valuación de opciones para algunas series de contratos.
- 2) Graficar una "volatility smile" o una "volatility skew".
- 3) Realizar el cálculo de la volatilidad implícita a partir de algún modelo que no asuma Black & Scholes .

Para la primer parte del trabajo elegimos el modelo de Black & Scholes para utilizarlo como base de cálculo de las volatilidades implícitas. La segunda tarea no es realizada como un fin, sino que sus resultados son utilizados como un medio para explicar las distintas soluciones y conclusiones obtenidas a partir de los cálculos realizados en el primer punto, y es por esto que no se le dedica un apartado exclusivo en el cuerpo del trabajo. El tercer punto, es realizado a partir de la fórmula para el cálculo de la volatilidad implícita del profesor Robert E. Whaley.

Todos estos resultados son obtenidos para varias series de contratos, cada una compuesta de las respectivas opciones de compra y venta, y son analizados a lo largo del trabajo. Las opciones utilizadas para el estudio comprenden:

- Opciones sobre índices: SPX, XEO, CAC 40 y Nasdaq 100.

- Opciones sobre acciones del mercado argentino: Grupo Galicia y Tenaris.

A partir de las discusiones que los autores hemos tenido, decidimos comparar y contrastar en forma conjunta el comportamiento de las volatilidades implícitas. Esto nos permitió ir más allá de las pautas iniciales del trabajo y arribar a conclusiones que no hubiésemos alcanzado en forma individual. Además, dejamos abiertas algunas cuestiones que podrán ser objeto de estudios posteriores.

1. LA VOLATILIDAD Y SUS DISTINTOS TIPOS

La volatilidad de un subyacente, se refiere al posible rango de dispersión del precio del mismo para futuras cotizaciones. Este concepto es de gran importancia para la operación en el mercado de capitales y sobre todo en el mercado de opciones. Cuanto más volátil es el activo subyacente mayor es el riesgo que nos provee, y a su vez cuanto mayor sea la volatilidad mayor serán las primas de las opciones.

Podemos distinguir 2 tipos de volatilidad:

1.1. Volatilidad Histórica

Es una medida ex post, que utiliza series históricas de precios del subyacente para modelar la volatilidad a través de la inferencia estadística.

La tasa de retorno del subyacente se considera aproximadamente igual a la ganancia de capital, debido al supuesto de la inexistencia de dividendos.

La secuencia de retornos de subyacente define una distribución empírica de probabilidad, ésta podría ser interpretada como una secuencia de variables aleatorias, un proceso estocástico, cuyas realizaciones constituyen la serie.

En este sentido, la volatilidad histórica es definida como el estimador del momento segundo para una muestra de N períodos.

Este método conduce a errores dado que implica asumir la lognormalidad de la distribución de retornos y , por ser una estimación backward-looking, no refleja las expectativas de los inversores.

Matemáticamente, la tasa de retorno estará definida por:

$$r_t \approx \ln(S_t) - \ln(S_{t-1})$$

Y la volatilidad histórica:

$$\hat{\sigma}^2_j = \frac{\sum_{t=1}^N (r_{jt} - \bar{r}_j)^2}{N - 1}$$

1.2. Volatilidad implícita

Es una medida de volatilidad que se obtiene mediante la observación de precios de opciones en el mercado. A diferencia de la volatilidad histórica es un concepto basado en probabilidades de neutralidad al riesgo, o martingala, que elimina las oportunidades de arbitraje, y se considera una medida ex ante que no depende de las preferencias de riesgo de los inversores.

Existen dos categorías de volatilidades implícitas: la primera agrupa a todas las medidas que están basadas en modelos de valuación de opciones, mientras que la segunda agrupa a aquellas conocidas como "model-free" o no paramétricas, que implican formas alternativas.

2. CÁLCULO DE LAS VOLATILIDADES HISTÓRICAS

Para el cálculo de la volatilidad histórica (40 ruedas) de cada uno de los activos subyacentes utilizamos las cotizaciones históricas de los últimos 41 días y asumiendo la distribución lognormal propuesta por el modelo, obtuvimos los últimos 40 rendimientos de los activos y calculamos su volatilidad.

De esta manera arribamos a los siguientes resultados:

Volatilidad Histórica (40 ruedas)	
Grupo Galicia	27,31%
S&P 500	9,71%
CAC 40	16,33%
Tenaris	20,37%
NASDAQ 100	18,49%

3. CÁLCULO DE LAS VOLATILIDADES IMPLÍCITAS A PARTIR DE UN MODELO DE VALUACIÓN DE OPCIONES

Para realizar el cálculo de las volatilidades implícitas en los precios de las opciones a través de un modelo de valuación, hemos elegido el modelo de Black & Scholes.

Los supuestos básicos del modelo son los siguientes:

- El precio del subyacente sigue un movimiento geométrico browniano (presenta una distribución de probabilidad lognormal para cualquier plazo futuro).
- La volatilidad en el precio del subyacente es constante.
- Se permiten las ventas en descubierto
- El mercado del subyacente es líquido y divisible
- No hay costos por transacciones
- El mercado opera de manera continua
- Pueden prestarse o tomar fondos a una tasa libre de riesgo.

Las fórmulas para obtener el precio de un call (c) y de un put (p), ambos de tipo europeo, son las siguientes:

Y

Donde:

$$\frac{S_0 - K e^{-rT}}{S_0}$$

Y

—

Dado que el único de los parámetros que no puede ser observado directamente en el mercado es la volatilidad, aquí representada por el parámetro σ , esta será nuestra única incógnita. Pero como no es posible encontrar una expresión explícita de su valor, es necesario utilizar algún método iterativo para alcanzar la solución buscada.

El algoritmo que hemos elegido para realizar este cálculo es el método de Newton, el cual se desarrollará con la utilización de la herramienta Solver de Excel o el código que nos ofrece MATLAB.

De esta manera proseguimos con el cálculo de las volatilidades implícitas obteniendo los siguientes resultados relevantes:

- SPX – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
1125	0,3397	1330	0,1314	1405	0,1162
1200	0,2024	1335	0,1248	1410	0,117
1225	0,2177	1340	0,1247	1415	0,1189
1250	0,1598	1345	0,1211	1420	0,1254
1255	0,2065	1350	0,1566	1425	0,1406
1260	0,1917	1355	0,0649	1430	0,1483
1270	0,1795	1360	0,1108	1440	0,1538
1285	0,1677	1365	0,1098	1445	0,1435
1295	0,099	1370	0,1074	1450	0,1314
1300	0,143	1375	0,1068	1460	0,1515
1305	0,1482	1380	0,1409	1475	0,1543
1310	0,1332	1385	0,1074	1480	0,1588
1315	0,1421	1390	0,1062	1485	0,1633
1320	0,1348	1395	0,1077	1490	0,1678
1325	0,127	1400	0,1369	1495	0,1722

- SPX – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
930	0,485	1165	0,2597	1285	0,1002
950	0,4582	1170	0,262	1290	0,1591
975	0,4533	1175	0,2978	1295	0,0911
1000	0,4367	1180	0,2526	1300	0,1917
1015	0,3991	1185	0,2419	1305	0,0849
1025	0,4022	1190	0,2445	1310	0,1417
1050	0,38	1195	0,2274	1315	0,1302
1060	0,3402	1200	0,2702	1320	0,1345
1065	0,3594	1205	0,2292	1325	0,1329
1070	0,3526	1210	0,2156	1330	0,1296
1075	0,3458	1215	0,2249	1335	0,1276
1080	0,348	1220	0,2195	1340	0,1118
1085	0,3487	1225	0,253	1345	0,1183
1100	0,3635	1230	0,2081	1350	0,114
1105	0,3271	1235	0,197	1355	0,112
1110	0,32	1240	0,2012	1360	0,0891
1120	0,306	1245	0,1304	1365	0,0951
1125	0,3425	1250	0,2337	1370	0,1018
1130	0,2972	1255	0,1864	1375	0,0713
1135	0,2993	1260	0,1803	1380	0,0698
1140	0,2859	1265	0,1754	1395	0,1068
1150	0,2273	1270	0,1136	1400	0,1037
1155	0,2704	1275	0,204	1410	0,1039
1160	0,2705	1280	0,1685	1430	0,1376

- XEO – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
380	0,9678	590	0,0743	610	0,109
540	0,7133	595	0,0693	615	0,1085
545	0,2463	600	0,1505	630	0,1131
570	0,1705	605	0,0634	645	0,1478

- XEO – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
475	0,4195	560	0,1745	585	0,0725
500	0,3574	570	0,1031	590	0,0641
525	0,2465	575	0,0934	595	0,1172
540	0,2125	580	0,14	600	0,1528

- CAC 40 Vencimiento 31 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
1600	1	3450	0,1886	4100	0,1498
2000	0,8452	3500	0,2182	4150	0,1506
2400	0,6264	3550	0,1721	4200	0,152
2600	0,5353	3600	0,1443	4250	0,1526
2800	0,4619	3650	0,1495	4300	0,1594
2900	0,4424	3700	0,139	4400	0,1699
3000	0,4114	3750	0,1121	4500	0,1857
3100	0,3921	3800	0,1389	4600	0,1925
3200	0,3651	3850	0,1465	4800	0,1904
3250	0,3552	3900	0,1491	5000	0,2264
3300	0,3386	3950	0,1503	5200	0,2607
3350	0,2425	4000	0,1496	5600	0,3245
3400	0,2184	4050	0,149	6400	0,4372

- CAC 40 Vencimiento 31 días – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
1600	0,8123	3450	0,3055	4100	0,2596
2000	0,617	3500	0,2945	4150	0,2761
2400	0,4567	3550	0,2845	4200	0,2959
2600	0,4411	3600	0,2761	4250	0,3176
2800	0,4173	3650	0,2677	4300	0,3422
2900	0,4184	3700	0,2597	4400	0,3903
3000	0,3943	3750	0,2521	4500	0,4376
3100	0,3815	3800	0,2472	4600	0,4824
3200	0,3578	3850	0,2414	4800	0,5669
3250	0,3493	3900	0,2374	5000	0,6451
3300	0,3334	3950	0,2372	5200	0,7176
3350	0,3277	4000	0,2397	5600	0,8494
3400	0,319	4050	0,247	6400	0,9999

- CAC 40 Vencimiento 59 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
2800	0,4416	3800	0,1739	4250	0,1493
3000	0,3849	3850	0,1725	4300	0,153
3200	0,2731	3900	0,17	4400	0,1504
3300	0,2075	3950	0,1672	4500	0,1521
3400	0,2215	4000	0,1644	4600	0,1604
3500	0,1566	4050	0,1614	4800	0,1769
3600	0,1572	4100	0,1592	5000	0,195
3700	0,174	4150	0,1552	5200	0,2119
3750	0,1744	4200	0,1538		

- CAC 40 Vencimiento 59 días – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
2800	0,3381	3800	0,2354	4250	0,2403
3000	0,3276	3850	0,2305	4300	0,254
3200	0,3112	3900	0,2261	4400	0,2798
3300	0,3018	3950	0,223	4500	0,3099
3400	0,2898	4000	0,2212	4600	0,3411
3500	0,2765	4050	0,221	4800	0,4006
3600	0,259	4100	0,2233	5000	0,4561
3700	0,2479	4150	0,2261	5200	0,5078
3750	0,2411	4200	0,2332		

- NASDAQ 100 Vencimiento 25 días – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
1150	0,9246228	1775	0,4315699	2175	0,2676306
1175	0,8994161	1780	0,4280223	2180	0,2655184
1200	0,7809984	1800	0,4172121	2185	0,2638666
1225	0,7591871	1820	0,4090744	2190	0,2615486
1250	0,8268282	1825	0,4026524	2195	0,2596663
1275	0,8035712	1840	0,3949429	2200	0,2576682
1300	0,7807509	1850	0,3724907	2205	0,2560512
1325	0,6760685	1860	0,3884462	2210	0,2542982
1350	0,6562373	1875	0,370494	2215	0,2524157
1375	0,6367554	1880	0,380826	2220	0,2504096
1400	0,6176092	1900	0,3602973	2225	0,2482848
1425	0,5987863	1920	0,3647498	2230	0,2468888
1450	0,6592555	1925	0,3562063	2235	0,245333
1475	0,5620584	1940	0,3576437	2240	0,2428344
1500	0,5441311	1950	0,3475701	2245	0,2410052
1525	0,5437198	1960	0,3494774	2250	0,2397813

1550	0,5386055	1975	0,3441732	2255	0,2380177
1575	0,5659786	1980	0,3426088	2260	0,2364557
1600	0,54687	2000	0,3382028	2265	0,23439
1620	0,5317743	2020	0,3264009	2270	0,232518
1625	0,5280263	2025	0,3234024	2275	0,2304947
1640	0,5168432	2040	0,3187331	2300	0,2216571
1650	0,514295	2050	0,3144701	2320	0,2145904
1660	0,5068679	2060	0,3112248	2325	0,213052
1675	0,5001977	2075	0,3053712	2340	0,2074623
1680	0,49213	2080	0,3041824	2350	0,2041692
1700	0,4775429	2100	0,3000477	2360	0,2008691
1720	0,463102	2125	0,2855216	2375	0,1957613
1725	0,4595141	2150	0,2772658	2380	0,1941879
1740	0,4528397	2160	0,2726858	2400	0,1878673
1750	0,4456871	2165	0,2715464	2420	0,1815303
1760	0,4385683	2170	0,2696415		

- NASDAQ 100 Vencimiento 25 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
2440	0,1730444	2525	0,1526104	2650	0,1491731
2450	0,1701739	2540	0,1506676	2675	0,1531416
2460	0,1674427	2550	0,1496138	2700	0,1590748
2475	0,1634716	2560	0,1484971	2725	0,1709683
2480	0,1621372	2575	0,1480214	2750	0,1658424
2500	0,1573993	2580	0,1476376	2775	0,1918937
2505	0,1562945	2600	0,1471667		
2520	0,1529822	2625	0,1472605		

- NASDAQ 100 Vencimiento 53 días – Puts

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
500	1,4501115	1350	0,5410247	2050	0,2873364
525	1,3902183	1375	0,5252124	2075	0,27996
550	1,3486864	1400	0,5136892	2100	0,2731238
575	1,3090792	1425	0,4983002	2125	0,2661451
600	1,2786025	1450	0,486757	2150	0,2594287
625	1,2421505	1475	0,475079	2175	0,25189
650	1,1928882	1500	0,4632974	2200	0,2446992
675	1,1596675	1525	0,4567885	2220	0,2391501
700	1,1276936	1550	0,4395171	2225	0,2377315
750	1,0671316	1575	0,4344541	2230	0,2364444
800	1,0105785	1600	0,4240575	2240	0,2338203
850	0,9575282	1625	0,4169446	2250	0,2310538
900	0,9075621	1650	0,4104186	2260	0,2287065
950	0,8603305	1675	0,4028277	2265	0,2268338
1000	0,8155395	1700	0,3829961	2270	0,2254366
1025	0,7939796	1725	0,3874255	2275	0,2239493
1050	0,7729388	1750	0,3687358	2280	0,2225507
1075	0,7523912	1775	0,3707554	2285	0,2212338
1100	0,732313	1800	0,3635977	2290	0,2198204
1125	0,6858317	1825	0,3554864	2295	0,2184812
1150	0,6672843	1850	0,3471783	2300	0,2170434
1175	0,6491295	1875	0,340162	2305	0,2156727
1200	0,6313497	1900	0,3321114	2310	0,2145251
1225	0,6139278	1925	0,3248253	2320	0,2115923
1250	0,5968488	1950	0,3168691	2325	0,2104395
1275	0,5853222	1975	0,3092682	2350	0,2035996
1300	0,568753	2000	0,301777	2375	0,1970452
1325	0,5524871	2025	0,2947162	2400	0,1910555

- NASDAQ 100 Vencimiento 53 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
2450	0,1752195	2625	0,1428602	2800	0,1467216
2475	0,1696342	2650	0,1401782	2825	0,1637814
2500	0,1644425	2675	0,1370526	2850	0,1683048
2525	0,1594899	2700	0,1351459	2875	0,1762373
2550	0,1547892	2725	0,1331284	2900	0,1840575
2575	0,1504188	2750	0,1364137		
2600	0,1465662	2775	0,1413554		

- TENARIS Vencimiento 38 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita
93,8	0,2686
97,84	0,2882
101,84	0,2714
105,84	0,2765

TENARIS Vencimiento 38 días – Puts

Strike	Volatilidad Implícita
89,84	0,2399
93,84	0,2234
97,84	0,208
101,84	0,2708

- Grupo Galicia Vencimiento 79 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
3,98	0,4873353	5,73	0,2113381
4,6	0,2360059	5,98	0,2874828
4,8	0,3193484	6,23	0,3336442
4,98	0,2629705	6,48	0,3274632
5,25	0,2594385	6,98	0,3773151
5,5	0,2545632	8	0,3863294

- Grupo Galicia Vencimiento 37 días – Calls

Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
3,58	0,2	5,98	0,3898957
3,98	1,6862049	6,23	0,3864642
4,2	0,496171	6,48	0,3903679
4,8	0,5158024	6,75	0,385399
4,98	0,5101015	6,98	0,384873
5,25	0,4373702	7,23	0,3804044
5,5	0,4601218	7,48	0,3813866
5,73	0,4035411	8	0,4127937

- Grupo Galicia Vencimiento 37 días – Puts

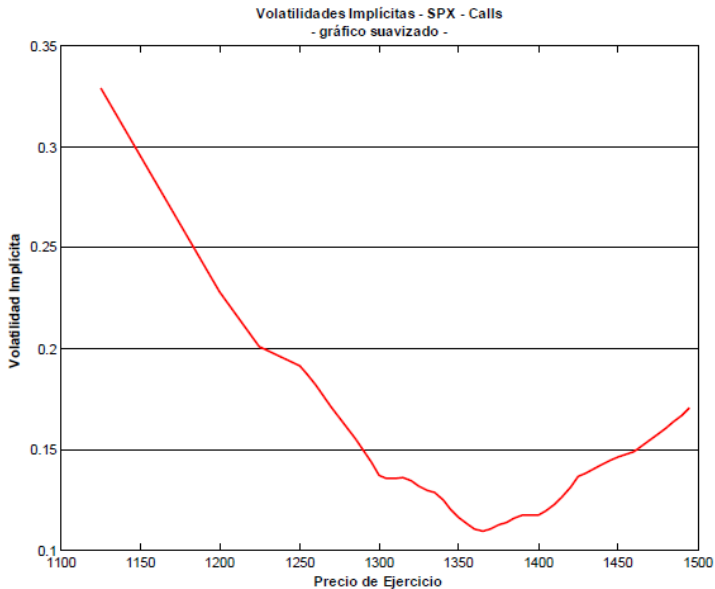
Strike	Volatilidad Implícita	Strike	Volatilidad Implícita
3,98	0,6345064	5,73	0,3757531
4,8	0,4032989	5,98	0,4144902
4,98	0,4097535	6,23	0,3345871
5,25	0,4075199	6,48	0,265335
5,5	0,4008749	6,75	0,3576535

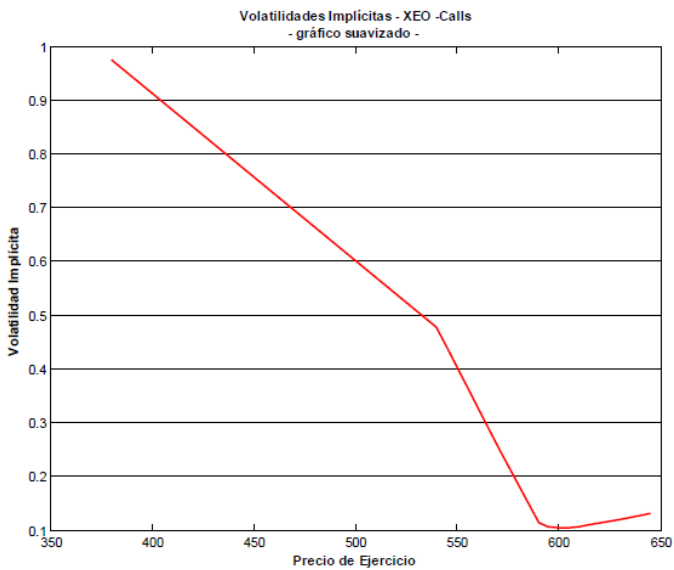
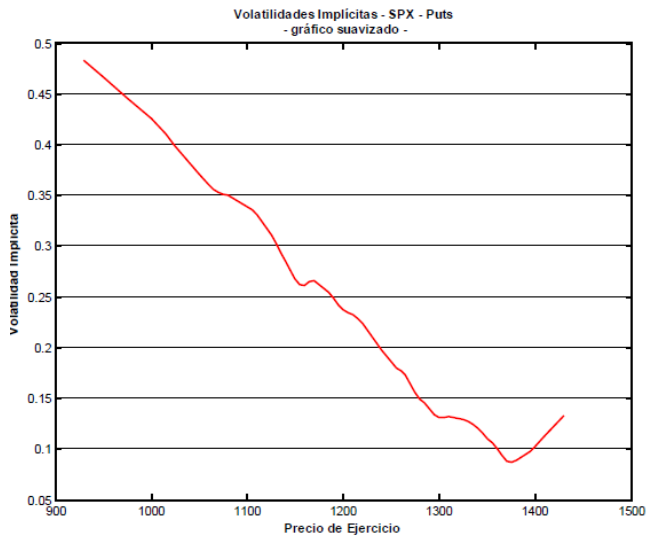
4. PRIMERAS CONCLUSIONES

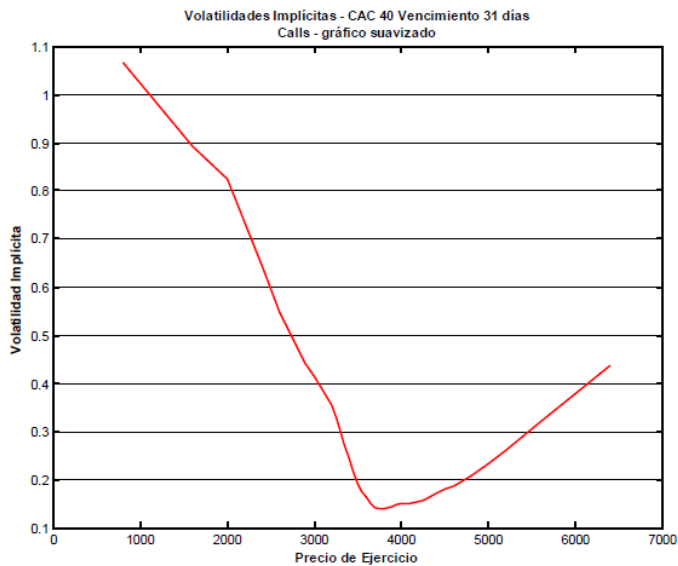
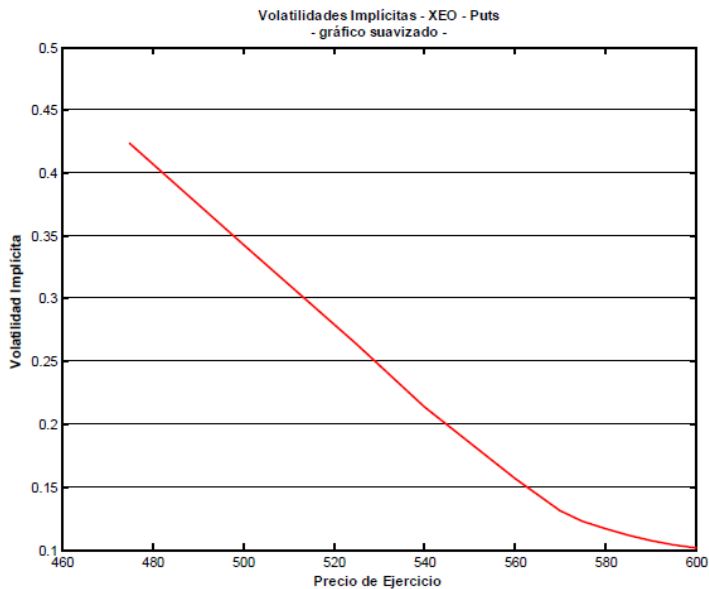
Se puede observar en todas las series una marcada tendencia a una baja en la volatilidad implícita a medida que aumenta el precio strike y hasta que ronda el precio spot del subyacente. Una vez alcanzado el precio de contado del activo subyacente a la opción, se puede observar una nueva tendencia al aumento de la volatilidad implícita, aunque ésta ya no es tan marcada para todas las series de opciones como lo es la primera.

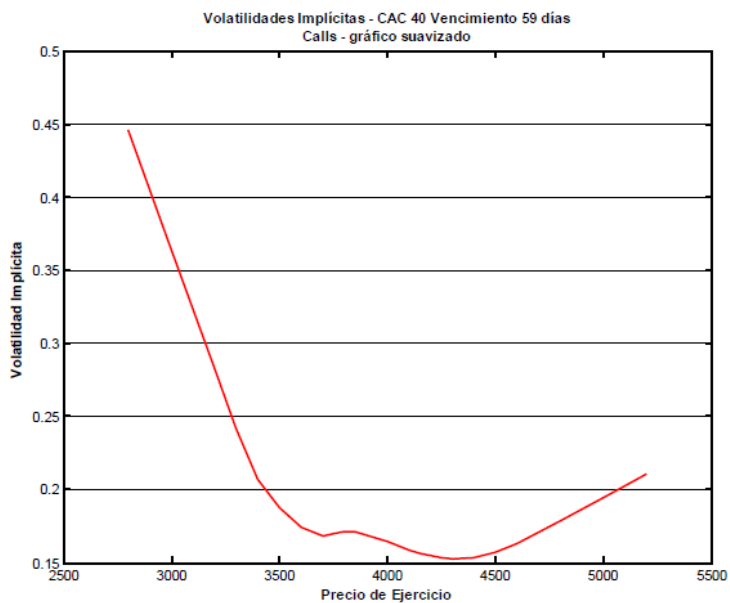
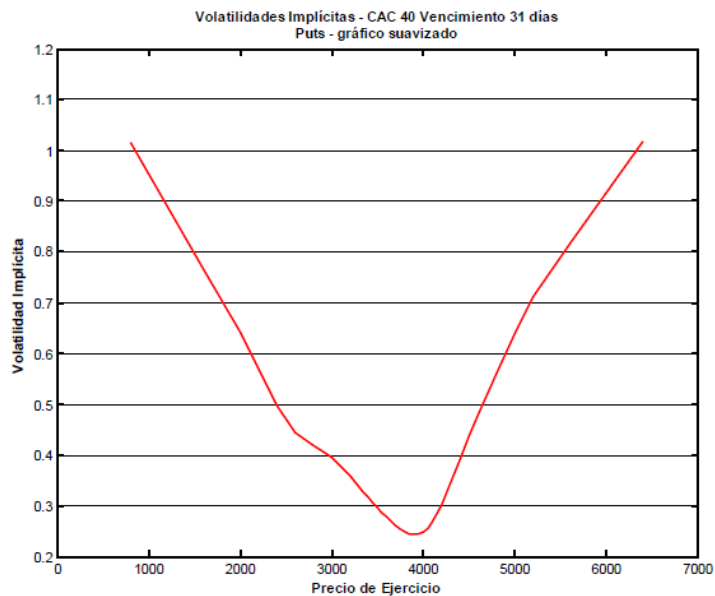
De modo que dada una serie de datos de opciones sobre el mismo subyacente e igual momento de ejercicio pero distintos valores de strike (K), es posible encontrar una serie de volatilidades implícitas que, graficadas en ejes ortogonales en función de los valores de ejercicio, dan origen a una curva conocida como volatility smile.

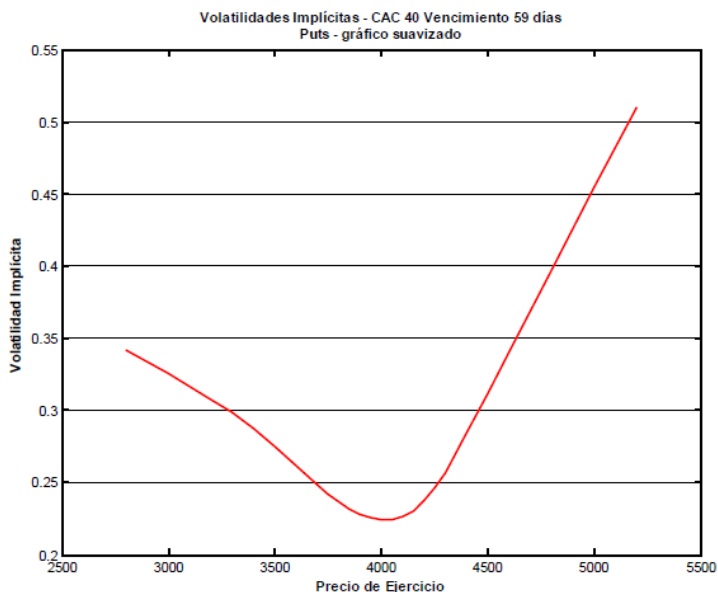
Estos resultados pueden apreciarse más fácilmente a través de la siguiente serie de gráficos:



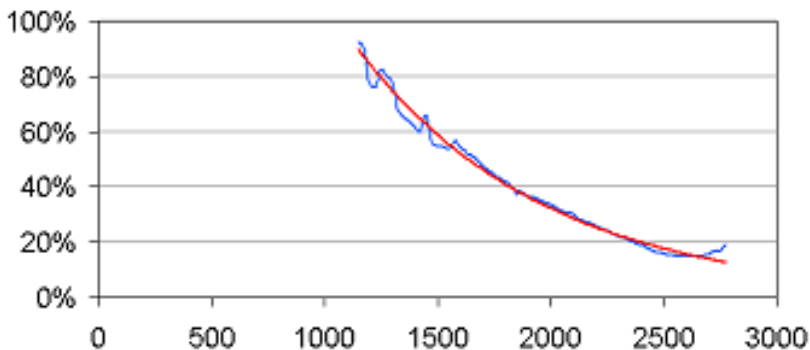




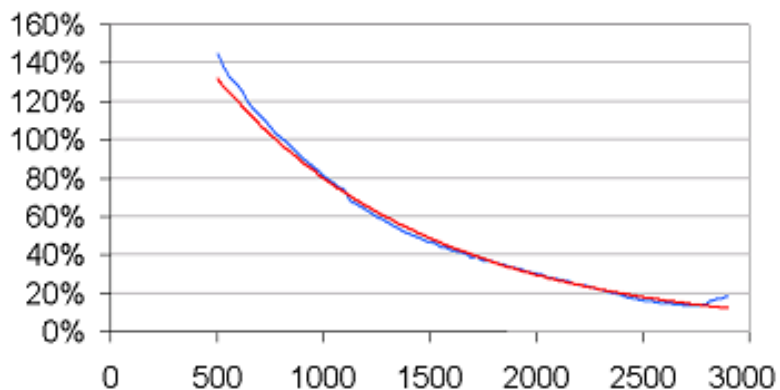




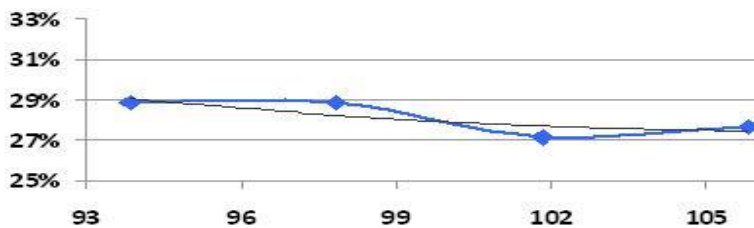
NDX "At the money" Options al 25 de julio de 2011 con 25 días al vencimiento



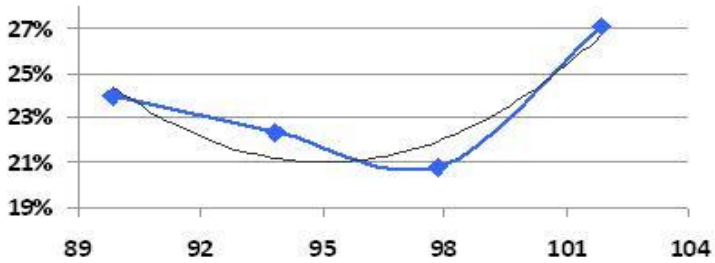
NDX "At the money" Options al 25 de julio de 2011 con 53 días al vencimiento



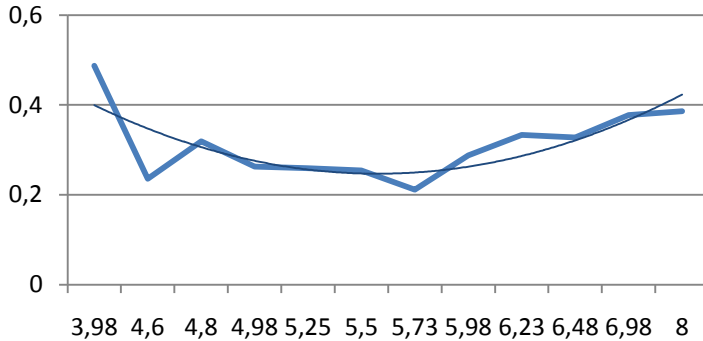
TS.BA Call al 12 de julio de 2011 con 38 días al vencimiento

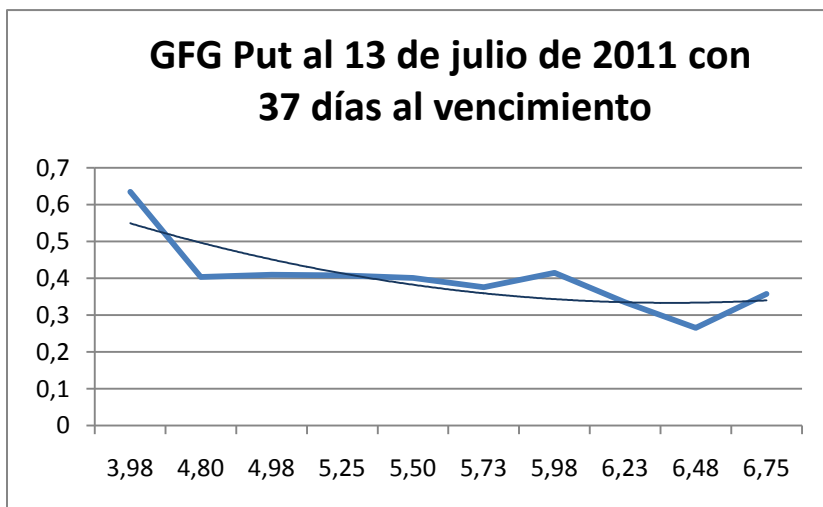
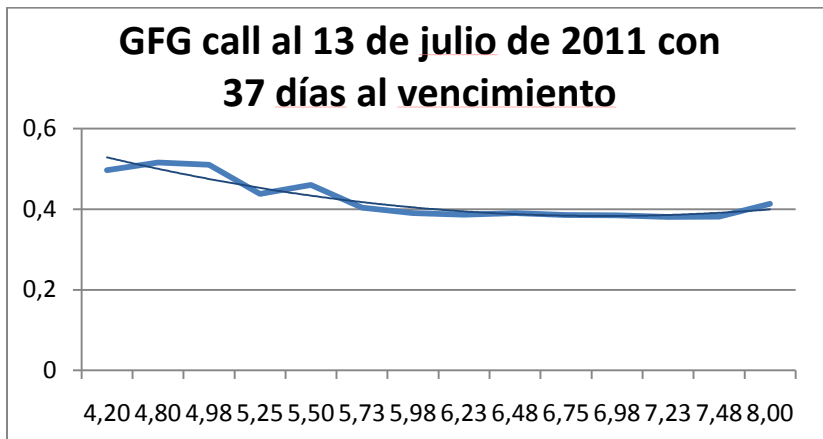


TS.BA Put al 12 de julio de 2011 con 38 días al vencimiento



GFG call al 1 junio de 2011 con 79 días al vencimiento





A priori, hubiéramos pensado que existe una única volatilidad del subyacente y que por lo tanto la curva no sería tal, sino que sólo sería una recta. Esto es lo que los supuestos del modelo predecían y de hecho es una de las principales críticas a este modelo de valuación.

Pero para quienes hacen uso de estas valuaciones, la lognormalidad de los precios de activos subyacentes dista en ciertos aspectos de las conclusiones empíricas, dado que en general la distribución de los retornos

es leptocúrtica y más asimétrica. Es por eso que utilizan las "volatility smiles" para ajustar dicho supuesto.

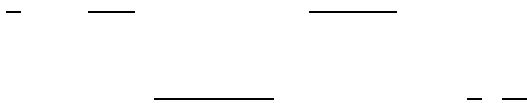
Además, podemos observar que en algunos casos, el aumento de las volatilidades luego de alcanzar el valor actual del subyacente es mucho más marcado que en otros, originando así dos tipos distintos de gráficos, en el primero de los casos se asemejan a una "volatility smile", mientras que en el segundo a una "volatility skew".

4.1. Cálculo de la Volatilidad Implícita a través de un método model-free

Para hallar la volatilidad implícita en el precio de opciones sobre activos subyacentes, se ha utilizado el método del Profesor Robert E. Whaley. Este método es utilizado en el mercado financiero CBOE para calcular el índice representativo de volatilidad de opciones con vencimiento a 30 días denominado CBOE VIX. Se basa en una muestra de una colección de pares de calls y puts que tengan igual plazo de vencimiento ordenados de menor a mayor según el precio de strike que los representa.

4.2. Algoritmo del método

4.2.1. Utilizando opciones con un solo plazo de vencimiento



———— → indica el promedio de la diferencia entre strikes adyacentes.

→ es el precio de la opción que se encuentra out of the money para el strike (es decir, el call o put que está out of the money para ese strike).

→ es el precio strike para el cual un par de opciones están at the Money.

F → se halla mediante la relación put-call parity (siendo cuando la opción está at the money).

4.2.2. Utilizando opciones con 2 plazos de vencimiento ("near term" y "next term")

— — — —

T → tiempo para vencimiento

F → precio forward del índice derivado del precio de las opciones

→ Precio de ejercicio de la i -ésima opción fuera de dinero; una opción de compra si $K_i > S$ y una opción de venta si $K_i < S$; ambas en caso que $K_i = S$.

r → tasa libre de riesgo

→ punto medio de oferta y demanda para cada opción con strike K_i .

El profesor Whaley utiliza una maduración que oscila en 30 días para evitar distorsiones en el cálculo de la volatilidad implícita. Finalmente la volatilidad implícita, en tanto por ciento, es 100. Los resultados obtenidos para nuestras series de opciones fueron los siguientes:

Volatilidad por Whaley	
Grupo Galicia	36,45%
S&P 500	15,07%
CAC 40	22,11%
Tenaris	24,58%
NASDAQ 100	20,11%

Donde podemos observar que en todos los casos, la volatilidad por el método de Whaley es superior a la volatilidad histórica.

4.3. Dificultades atravesadas

Tanto para el trabajo con las opciones sobre acciones del mercado argentino como para las opciones sobre índices del mercado internacional nos enfrentamos con algunas dificultades.

El bajo nivel de operaciones de mercado bursátil argentino hace imposible el trazado de la smile por la falta de variedad de strikes.

La situación es similar para la aplicación del método de Whaley, que requiere pares de puts y calls con mismo precio de ejercicio. Esto genera que debamos desprestigiar algunos de los datos (puts o calls que no tienen pareja) y que la estimación se vuelva insuficiente.

En el caso de los mercados internacionales, uno de los inconvenientes que se presentaron fue la heterogeneidad del volumen de negociación para los diferentes precios de ejercicio de las opciones, encontrando mucha demanda para algunos valores y poca o nula para otros. Por lo que fue necesario descartar datos, y aún así nuestra muestra quedó conformada por una variedad de horarios de cotización que provocó smiles marcadamente dentadas.

5. CONCLUSIONES FINALES

El modelo de valuación de opciones más difundido es el de Black & Scholes. Si bien originalmente no fue su objetivo, el modelo puede ser utilizado para estimar las volatilidades que se encuentran implícitas en los precios de las opciones, teniendo en cuenta la información del mercado, esto es:

- El precio del activo subyacente.
- El precio de la acción.
- La tasa de interés libre de riesgo.
- El tiempo hasta el vencimiento.
- El precio de ejercicio del contrato.

Ahora bien, cuando hacemos este cálculo de la volatilidad implícita, se puede observar una inconsistencia del modelo. El supuesto de que el precio de las acciones sigue un movimiento geométrico Browniano implica que la volatilidad de los rendimientos de las acciones es constante. Por lo tanto, siguiendo las premisas del modelo, si nosotros calculamos las volatilidades implícitas en los precios de distintas opciones con el mismo activo subyacente y la misma fecha de vencimiento, esperaríamos obtener una única estimación. Pero este no es el caso. Las estimaciones de la volatilidad varían con los precios de ejercicio de las opciones. Al graficar las estimaciones de las volatilidades contra los precios de ejercicio, hemos obtenido patrones conocidos como sonrisas de volatilidad ("volatility smile")

o "volatility skew", en inglés), debido a sus formas de sonrisa. Esto no es usual, dado que el modelo de Black & Scholes estaría proponiendo una línea recta cuya pendiente es cero para todos los valores posibles del precio de ejercicio. Además, como ya dijimos, esto suena contra intuitivo dado que lo más lógico pareciera ser esperar una volatilidad única y verdadera del precio del activo subyacente. Es por esto que nosotros preferimos la utilización de otros métodos model-free para obtener estimaciones de las volatilidades implícitas, que proporcionan una estimación puntal de ellas y no un rango de estimaciones como aquellos métodos basados en modelos de valuación de opciones.

Además, los métodos model-free, y particularmente el modelo del profesor Whaley, no presentan problemas de estimaciones de volatilidades negativas como el que hemos enfrentado al utilizar el modelo de Black & Scholes en el primer apartado de este trabajo, y, por lo tanto, podemos utilizar la información de mercado sin que sea necesario someterla a ningún tipo de ajuste.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chicago Board of Trade: *The CBOE Volatility Index (VIX)*. Disponible en: <http://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf>

Horn, Michael: *EC372 Term Paper*. University of Essex. Disponible en: http://www.essex.ac.uk/economics/eesj/aut-09/Michael_Horn_EC372.pdf

Hull, John: *Options, Futures and Other Derivates*. 6ta Ed.

Palazzo, Romina: *Análisis de Volatilidad Implícita*. Bolsa de Comercio de Rosario. Disponible en: http://www.bcr.com.ar/Programa%20de%20Formacin%20%20Adjuntos%20Inscripciones/TRABVolatilidad_palazzo.pdf