

CONCURSO INCUBADORA DE SONDAXES E EXPERIMENTOS
CURSO 2010 - 2011

***CANTAS ESTRELAS PODEMOS VER,
A SIMPLE VISTA,
DESDE A NOSA LOCALIDADE ?***

ESTUDANTES PARTICIPANTES:

**María Piñeiro Ramil
Rubén Fernández Reigosa
Daniel Barreiro Ures
Diego Juárez Rodríguez**

PROFESOR TITOR:

Xosé Enrique Pujales Martínez

1. Descrición e obxectivos do noso proxecto de estatística:

Á hora de comezar o noso proxecto de estatística, a pregunta inicial que nos formulamos é a seguinte: *Cantas estrelas podemos a ver, a simple vista, desde a nosa localidade?*

Existe unha gran cantidade de bibliografía sobre este tema na rede, pero os datos que ofrecen as diferentes páxinas son moi dispares. Algunhas páxinas, como <http://www.todoelsistemasolar.com.ar/estrella.htm>, afirman que as estrelas visibles a simple vista desde a Terra conforman un total de 8 000, 4 000 en cada hemisferio, pero que en calquera momento da noite soamente son visibles unhas 2 000 estrelas, pois as demais quedan ocultas debido á brétema atmosférica e á pálida luz do ceo. Outras páxinas, como http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_3.php, afirman que o número de estrelas visibles é aproximadamente 6 500, e que un observador poderá ver unhas 3 000 delas nun instante determinado. Outras, como, por exemplo, http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_3086000/3086149.stm, afirman que o ollo humano pode, sen axuda de ningún instrumento, divisar unhas 5 000 estrelas nos puntos máis escuros do planeta.

Incentivounos para escoller este tema estudar o alcance do impacto ambiental debido á iluminación de exteriores dentro das cidades. Coñécese como contaminación lumínica a alteración innecesaria da cantidade natural de luz presente no medio nocturno. Pode definirse tamén como a emisión de fluxo luminoso de fontes artificiais en intensidades, direccións, horarios ou rangos espectrais innecesarios para a realización das actividades previstas na zona iluminada. A orixe da contaminación lumínica atópase na deficiente iluminación pública, pois a atmosfera terrestre non é totalmente transparente á luz visible; as moléculas do aire a as partículas en suspensión reflicten a luz.

2. Elaboración do plano para a recollida de datos:

Para responder á nosa pregunta, elaboramos unha sondaxe sobre o número de estrelas visibles desde diferentes puntos da nosa cidade. Para isto, construímos un aparato, coa axuda do noso profesor de matemáticas, que nos permitía visualizar unha porción de ceo que corresponde ao 1% de toda a esfera celeste.

O aparato consiste nunha cartolina, que debe situarse a 30 centímetros do ollo do observador, á que hai que facer un burato de 12 centímetros de diámetro. Se as estrelas se atopasen distribuídas de forma uniforme, bastaría con contar as que son visibles na área observada a través do burato e multiplicar o resultado por 100 para obter o número teórico de estrelas visibles a simple vista desde o noso lugar se puidésemos contemplar toda a esfera celeste. Pero o problema é que as estrelas non están distribuídas uniformemente, hai unhas rexións máis ricas ca outras, desde o punto de vista estelar, problema que é común a todos os estudos de *mostraxe*: a mostra ten que ser *representativa*, e no noso caso, a zona do ceo que elixamos para contar as estrelas non ten por que o ser. Por este motivo, para non cometer un *nesgo de selección*, decidimos realizar desde cada lugar dez medicións de diferentes zonas do ceo e atopar a media de todas elas.

O fundamento matemático do noso aparato é o seguinte:

A superficie do casquete que vemos a través do burato é $S_{\text{casquete}} = 2\pi R h$.

A superficie da esfera de centro o noso ollo e radio a corda de $R = 30$ cm é

$$S_{esfera} = 4\pi R^2$$

Nestas expresións coñecemos todas as variables, agás o valor de h .

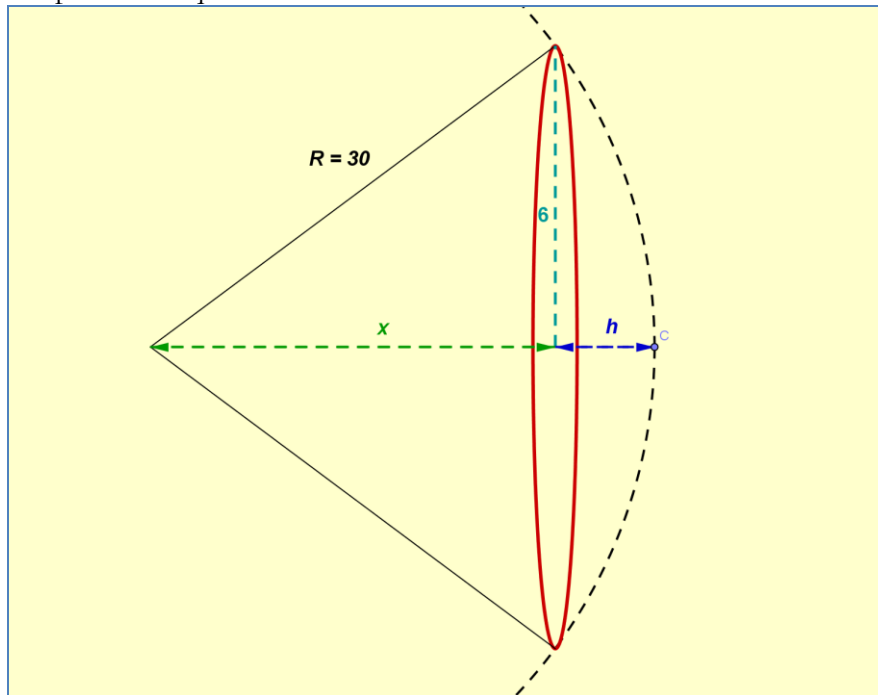
Cálculo de h :

$$x = \sqrt{30^2 - 6^2} = \sqrt{864} \Rightarrow h = 30 - x = 30 - \sqrt{864} \approx 0,6$$

Segundo isto, a porción de ceo que vemos a través do burato é:

$$\frac{S_{casquete}}{S_{esfera}} = \frac{2\pi R h}{4\pi R^2} = \frac{h}{2R} = \frac{0,6}{2 \cdot 30} = \frac{0,6}{60} = \frac{1}{100}$$

Daquela, comprobamos que estamos vendo a través do burato o 1% da esfera celeste.

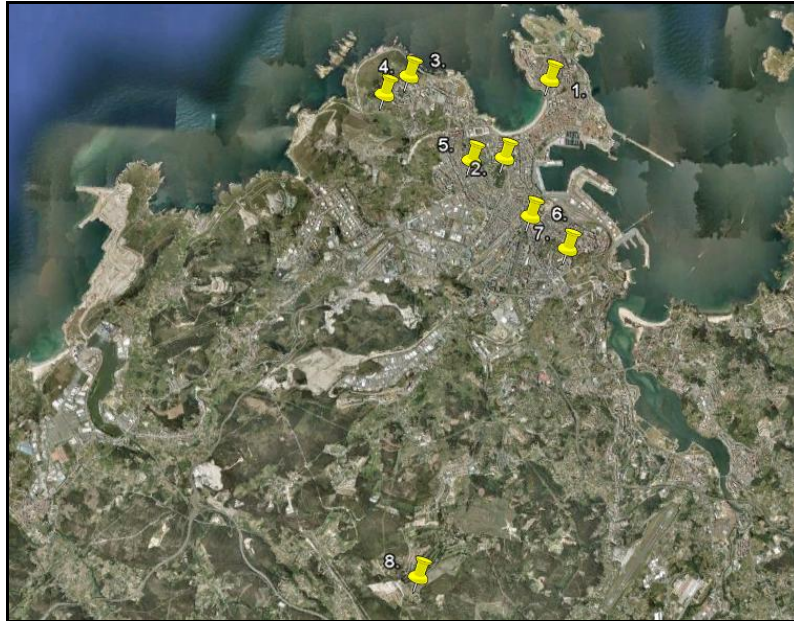




Na elección da noite na que realizaríamos as medicións, tiñamos que ter en conta dous factores principais: a presenza ou non de lúa e a suciedade da atmosfera. A presenza de lúa implica máis luz, co que son observables un número menor de estrelas, tantas menos como máis porción da lúa sexa visible. A suciedade da atmósfera implica unha menor visibilidade, pois as partículas de po reflicten a luz. Nós, para non ser xulgados de alarmistas en canto á hipótese de que a contaminación lumínica afecta negativamente á contemplación e estudo do ceo, quixemos que a noite de obtención de datos reunise as mellores condicións: eliximos unha noite sen Lúa e a continuación dun día de chuvía. Así, a atmosfera estaba máis escura (sen Lúa) e máis limpa e transparente.

Outro factor a ter en conta, que non depende da noite escollida, senón da zona, é a escuridade do lugar desde o que se realizan as medicións. Debido a isto, tentamos elixir unha *mostra representativa* de distintos lugares da cidade, algúns deles moi iluminados, outros con menor iluminación e outros co maior grado de escuridade que se pode conseguir dentro da cidade. Os lugares elixidos para a recollida de datos móstranse no seguinte mapa.

LENDAS DO MAPA				
Ptos.	Lugares	Alturas	Latitude	Lonxitude
1.	Paseo Marítimo - Surfistas	11 m.	43°22'29.98"N	8°24'12.52"O
2.	Casa das Ciencias	60 m.	43°21'43.46"N	8°24'44.83"O
3.	Rosais - Praza Elíptica	73 m.	43°22'26.88"N	8°26'3.68"O
4.	Bens	74 m.	43°22'15.75"N	8°26'22.10"O
5.	Praza das Conchiñas	78 m.	43°21'40.72"N	8°25'10.73"O
6.	Estación Buses	16 m.	43°21'10.65"N	8°24'21.89"O
7.	Castrillón – Praza Pablo Iglesias	65 m.	43°20'53.17"N	8°23'51.37"O
8.	Zapateira	248 m.	43°17'41.35"N	8°25'34.45"O



Con anterioridade á recollida de datos, establecemos uns protocolos de actuación:

- Cada membro do grupo debería elaborar, desde cada lugar de observación, dez medicións de diferentes zonas do ceo. A razón foi explicada con anterioridade: obter unha mostra representativa, é dicir, realizar as medicións en zonas do ceo máis poboadas de estrelas e menos poboadas de estrelas, evitando un nesgo de selección nos resultados.
- Tamén decidimos que as catro persoas que formamos o equipo realizaríamos as medicións desde todos os lugares elixidos. Poderíamos ternos distribuído individualmente en distintas zonas e cubrir cada membro do equipo dita zona e outra máis. Este método tería unha vantaxe: realizar todas as observacións máis ou menos á mesma hora, é dicir, coas mesmas condicións atmosféricas en canto a transparencia. O problema deste método é que algunhas persoas ven máis estrelas ca outras, o que podemos comprobar na práctica. Isto constituiría un *nesgo por subxectividade inconsciente*.
- Para evitar outro nesgo deste tipo, tamén decidimos que os resultados que fóramos obtendo non serían comunicados ao resto dos nosos compañeiros ata que non rematásemos a toma de datos. Así evitamos unha posible “reacción compensatoria” de *regresión inconsciente á media*, pois ante o coñecemento dos resultados sería posible que os que contasen máis estrelas que os demais tentasen “asegurar” máis e por conseguinte ver menos, e que os que contasen menos tentasen “imaxinar” e ver máis.
- Tamén establecemos un *calibrador de referencia*, para controlar se os membros do grupo presentaban diferenzas na visión. O calibrador elixido foi a constelación de Bootes, ou máis concretamente o hexágono que forman seis das estrelas da constelación, con Arcturus na súa base. Trataríase de que, en cada lugar, cada persoa contase cantas estrelas é capaz de ver dentro dese hexágono, tendo en conta tanto as estrelas que o forman como as comprendidas no seu interior.

Para a recollida de datos establecemos o seguinte patrón. Cada un de nos tería que anotar os datos obtidos nas súas medicións nunha táboa como esta ao longo da noite.

Punto	Hora	Número de estrelas										Constelación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

As columnas cos números do 1 ao 10 corresponderían ás dez medicións que cada membro do equipo debía realizar, e a última columna sería na que anotaríamos o número de estrelas que atopásemos en cada lugar de observación na constelación elixida como calibradora, Bootes.

3 Descrición do proceso de recollida de datos e análise dos resultados:

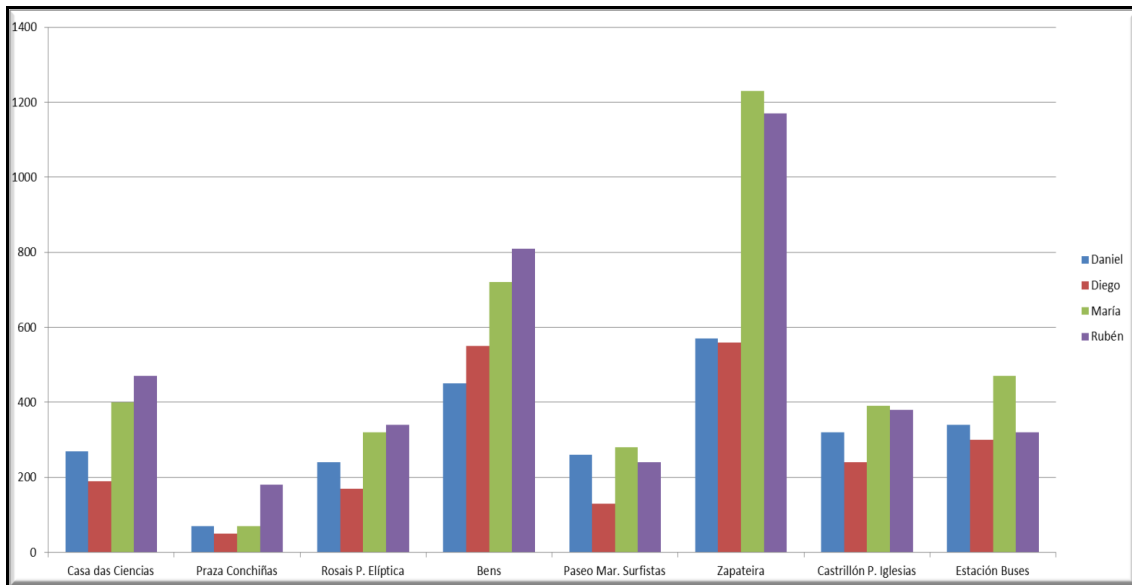
A noite elixida para a recollida de datos foi a do 1 de xuño ao 2 de xuño, pois había lúa nova, co que poderíamos realizar con máis facilidade as medicións, debido a ausencia de luz lunar, e chovera durante os días anteriores, co que o aire estaba limpo e, polo, tanto, serían menos as partículas de po suspendidas que reflectisen a luz. Todas as medidas foron realizadas entre as 23:35 e as 03:10. Os lugares elixidos tentaron constituír unha mostra significativa das diversas zonas da cidade, mesturando lugares cun enorme grao de contaminación lumínica, lugares de contaminación media e lugares moi pouco contaminados.

Os resultados obtidos esa noite e os cálculos posteriormente realizados encóntranse recollidos na seguinte táboa:

Punto	Hora	Autor	Número de estrelas visualizadas										SUMA	NA ESFERA	Constelación	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			MEDIA	
1	23.35	Daniel	3	3	3	5	2	3	2	1	2	3	27	270	6	
		Diego	2	1	4	2	1	3	1	2	2	1	19	190	4	
		María	4	3	5	3	6	3	5	4	3	4	40	400	7	
		Rubén	5	6	3	3	5	6	5	5	5	4	47	470	7	
		SUMA											133	332,5	MEDIA	6
2	0.08	Daniel	2	1	0	1	1	0	1	1	0	0	7	70	2	
		Diego	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	5	50	1	
		María	1	1	1	1	1	0	0	0	0	2	7	70	6	
		Rubén	3	1	3	3	1	2	1	2	0	2	18	180	5	
		SUMA											37	92,5	MEDIA	3,5
3	0.36	Daniel	2	2	3	1	2	4	1	4	2	3	24	240	8	
		Diego	2	3	0	1	0	2	2	2	3	2	17	170	5	
		María	3	2	4	5	4	2	3	3	3	3	32	320	7	
		Rubén	3	6	4	3	3	2	4	2	3	4	34	340	9	
		SUMA											107	267,5	MEDIA	7,25
4	1.05	Daniel	4	5	3	5	4	3	4	6	6	5	45	450	9	
		Diego	7	7	5	5	5	6	7	4	4	5	55	550	6	
		María	7	7	4	6	8	9	12	9	5	5	72	720	8	
		Rubén	9	6	5	7	8	9	7	10	12	8	81	810	8	
		SUMA											253	632,5	MEDIA	7,75
5	1.42	Daniel	2	3	2	4	3	3	2	1	3	3	26	260	5	
		Diego	3	2	1	1	0	2	2	1	1	0	13	130	4	
		María	3	4	4	3	1	2	1	3	3	4	28	280	6	
		Rubén	3	2	5	2	2	1	3	1	2	3	24	240	6	
		SUMA											91	227,5	MEDIA	5,25
6	2.20	Daniel	5	5	7	4	5	9	7	4	6	5	57	570	12	
		Diego	8	6	5	3	5	7	10	6	4	2	56	560	6	
		María	10	13	15	10	9	11	12	17	8	18	123	1230	9	
		Rubén	14	10	8	11	12	14	18	13	7	10	117	1170	10	
		SUMA											353	882,5	MEDIA	9,25
7	2.50	Daniel	3	3	4	3	3	2	4	3	4	3	32	320	7	
		Diego	3	2	3	2	3	3	3	2	1	2	24	240	4	
		María	4	4	2	5	4	4	5	4	2	5	39	390	7	
		Rubén	3	2	2	5	4	6	3	3	3	7	38	380	7	
		SUMA											133	332,5	MEDIA	6,25
8	3.10	Daniel	3	4	5	3	4	3	3	4	3	2	34	340	5	
		Diego	4	2	4	4	3	5	3	0	0	5	30	300	3	
		María	5	4	3	4	6	4	6	5	6	4	47	470	7	
		Rubén	4	4	2	1	3	4	3	4	5	2	32	320	7	
		SUMA											143	357,5	MEDIA	5,5

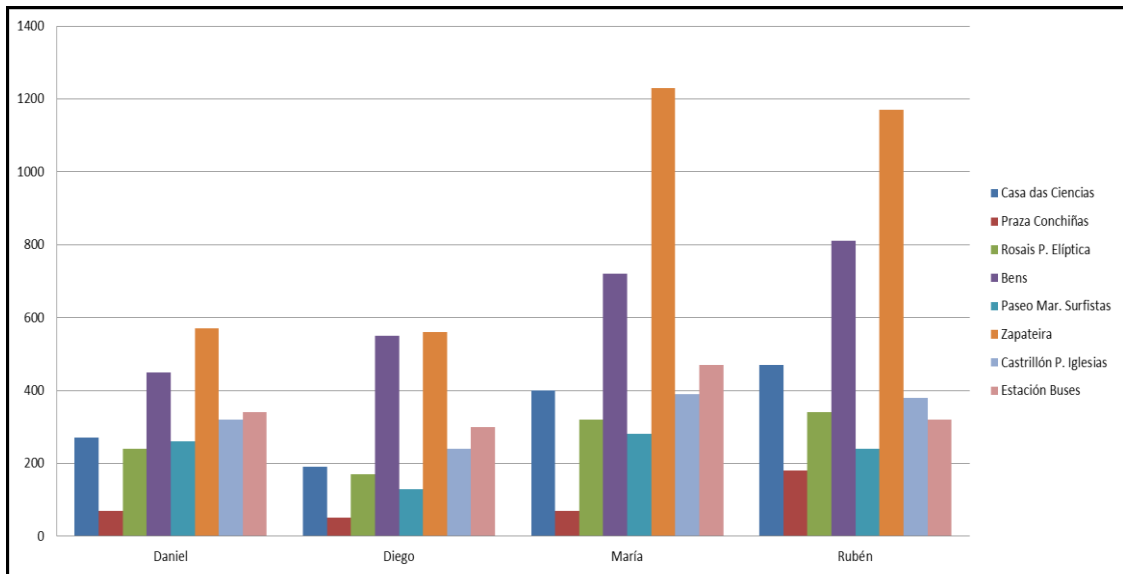
Despois de realizar a experiencia e analizar os datos, vimos que debíamos reformular a nosa pregunta inicial: non é posible dar o número de estrelas que se ven a simple vista na nosa localidade, senón en puntos determinados da mesma, pois a visibilidade é moi diferente segundo as zonas. A disparidade no número de estrelas nas diferentes zonas da cidade é debida a contaminación lumínica. Este fenómeno móstrase claramente nas diferenzas entre lugares moi contaminados, como a Praza das Conchiñas, na que estimamos entre 92 e 93 estrelas visibles, e lugares menos contaminados, como a Zapateira, na que o número de estrelas visibles estimado é de máis de 880. De acordo con isto, podemos establecer unha clasificación das zonas da cidade, segundo o seu grao de contaminación lumínica, utilizando o criterio do promedio de estrelas visibles na da constelación de Bootes:

- Moi alta [Promedio (0,3)].
- Alta [Promedio (3,6)]: Praza das Conchiñas, Paseo Marítimo, Estación de Buses.
- Media [Promedio(6 ,9)]: Casa das Ciencias, Praza de Pablo Iglesias, Praza Elíptica dos Rosais, Bens.
- Baixa [Promedio (9,12)]: Zapateira.



Debido á irregular distribución das estrelas visibles no ceo, realizar unha *soa* medición en cada lugar de observación podería levar a un *nesgo* nos resultados. Por exemplo, ao realizar as medicións correspondentes ao 1% do ceo na Praza Elíptica dos Rosais, Daniel obtivo resultados que oscilan entre 1 e 4, co que si soamente tivese realizado unha medición, podería ter concluído que o número de estrelas visibles nese lugar da cidade son 100 ou 400. Ao realizar diversas medicións e facer a media de todas elas, obtemos un dato intermedio: 240. Outro exemplo é o de Rubén na Zapateira, que nesta zona tomou datos comprendidos entre 7 e 18, co que, ao realizar só unha medición, podería ter afirmado que nese lugar, o número de estrelas visibles é de 700 ou de 1800. A marxe de erro diminúe ao realizar a media das súas dez medicións, 1170.

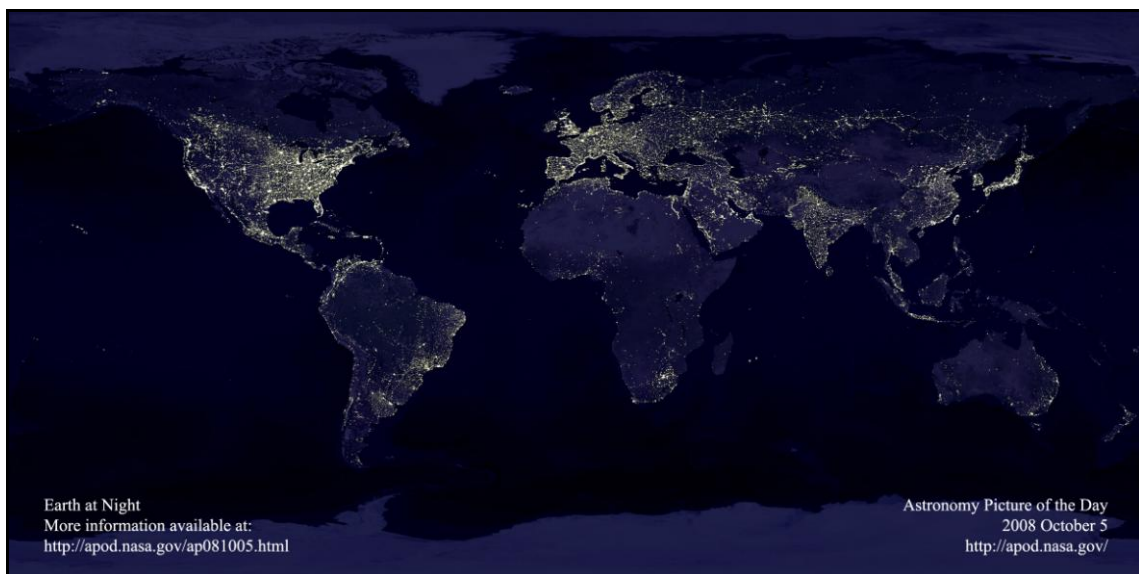
Non soamente existe unha notable diferenza entre as distintas zonas da cidade, en canto a cuántas estrelas son visibles desde cada unha, e entre as diferentes porcións da esfera celeste, debido á irregular distribución das estrelas nelas, senón que tamén existe unha disparidade notable entre o número de estrelas que cada membro do equipo contabilizou nunha mesma zona, o que podemos observar no seguinte gráfico.



Poderíamos pensar que isto é debido a unha tendencia de cada membro do grupo a apuntar a zonas pouco poboadas de estrelas o moi poboadas de estrelas, pero o noso calibrador, o “grupo de control” estelar, a constelación de Bootes, elimina esta hipótese. Vemos os membros do equipo non contaban o mesmo número de estrelas, mesmo mirando á mesma rexión do ceo. Na Praza das Conchiñas, por exemplo, o número de estrelas contabilizadas na constelación oscila entre as seis de María e a única estrela de Diego. Na Zapateira, Diego contou seis estrelas, mentres que Daniel viu doce, o dobre.

4. Conclusións:

Mercé á actividade e axudándonos da estatística, podemos reflexionar sobre o impacto da contaminación lumínica. O único estudo global dispoñible sobre iluminación artificial da noite indica que dous terzos da poboación mundial (o 99% dos estadounidenses e europeos) viven baixo un ceo nocturno un 10% máis claro que a noite natural; este é o limiar usado para falar de ceo contaminado. O estudo, realizado en 2001, estimaba un incremento da contaminación lumínica en Europa entre o 5% e o 10% anual.



A contaminación lumínica presenta consecuencias de todo tipo:

- Enerxéticas e económicas: Sobreconsumo por sobreiluminación. A enerxía consumida non se aproveita para a función visual. As políticas enerxéticas deberían incluír a loita contra a contaminación lumínica, porque evitar o desperdicio de enviar a luz ao ceo supón aforrar en enerxía e en emisións de gases de efecto invernadoiro.
- Sobre a seguridade viaria e a saúde: A contaminación lumínica é causa de deslumbramentos, molestias, fatiga visual, estrés, dificultades para durmir, cambios hormonais e anímicos e invasións de insectos.
- Ecolóxicas: Os procesos biolóxicos dos seres vivos están adaptados a dous ciclos astronómicos fundamentais: a sucesión das estacións e a alternancia entre o día e a noite. A contaminación lumínica provoca modificacións nos sistemas nocturnos e desequilibrios entre especies, desorientación e dificultades de comunicación e reprodución en animais. Tamén produce a emisión extra de gases de efecto invernadoiro. En Estados Unidos morren cada ano millóns de aves en colisións con construcións iluminadas. Tamén os insectos alteran o seu comportamento coa luz, así como os anfibios e os réptiles.
- Culturais: A contaminación lumínica supón a perda do ceo nocturno como recurso educativo, de ocio e turístico, e o impedimento da observación astronómica para profesionais e afeccionados.

Algúns dos astros non teñen un brillo puntual como as estrelas, senón que son extensos e difusos, como as nebulosas e as galaxias, e, por isto, son os primeiros en resultar afectados. A súa visión depende do contraste existente entre a súa tenue luminosidade e a escuridade do fondo do ceo. Ao dispersarse a luz debida á iluminación de exteriores, estes obxectos desaparecen. Ao incrementarse o brillo do ceo, acaban por desaparecer tamén, de forma progresiva, as estrelas, co que ao final soamente as máis brillantes, algúns planetas e a lúa resultan visibles no ceo urbano.

A imposibilidade de contemplar o ceo desde as cidades priva aos individuos dun contacto directo co universo, o que orixina un inevitable empobrecemento cultural e persoal. Nas sociedades industriais, onde o volume de información sobre o cosmos que está a disposición de calquera é enorme, dáse a circunstancia paradoxal de que os individuos sofren un descoñecemento maior do universo que os habitantes das zonas rurais, nas que a vinculación coa agricultura e a tradición dos ciclos cósmicos ten xerado un vastísimo patrimonio cultural.

Tamén é importante sinalar que a contaminación lumínica constitúe unha ameaza para o progreso da astrofísica, debido á diminución da calidade das observacións celestes.

Se observamos unha cidade pola noite, decatáremos de que esta se atopa cuberta por un halo de cor alaranxada, debido á iluminación. A seguinte fotografía é de Coruña e está tomada desde Santa Cruz.



Engádense a continuación algunhas fotos de algúns dos lugares da cidade desde o que efectuamos a recollida de datos, nos que a iluminación é especialmente deficiente, xerando un gasto de enerxía inútil e a imposibilitando a observación do ceo.



Fotografía da Praza de Pablo Iglesias no Castrillón



Na Praza de Pablo Iglesias conviven farois adecuados con focos inadecuados.



A Praza das Conchiñas.



Os focos que iluminan inadecuadamente a Praza das Conchiñas pola noite.

5. Reflexión sobre o proxecto:

A) Aspectos positivos:

Gustaríanos salientar varias cousas positivas do proxecto. A primeira fai referencia ao feito de que fomos capaces de obter uns datos propios, desenvolvendo unha actividade lúdica (porque para nós o foi saír unha noite a “traballar” contando, reflexionando e pasando un bo rato cuns compañeiros de traballo) para iso. Desempeñamos, daquela, un papel activo, cousa pouco frecuente no ensino.

O segundo aspecto positivo a salientar é a reflexión previa sobre a metodoloxía que íamos seguir para desenvolver o proxecto: reflexionando sobre as distintas posibilidades de realización, vimos o doado que é realizar un estudo mal feito desde o punto de vista estatístico. As precaucións que tomamos para non cometer nesgos de distinto tipo axudounos a ver as deficiencias coas que se realizan estudos que aparecen nos medios de comunicación. Para nós este foi un aspecto fundamental un gran achádego os eu descubrimento.

O terceiro aspecto é a posibilidade que tivemos de traballar en equipo, cousa co que desgraciadamente non estamos familiarizados e, non obstante, será fundamental para a nosa vida futura académica e profesional.

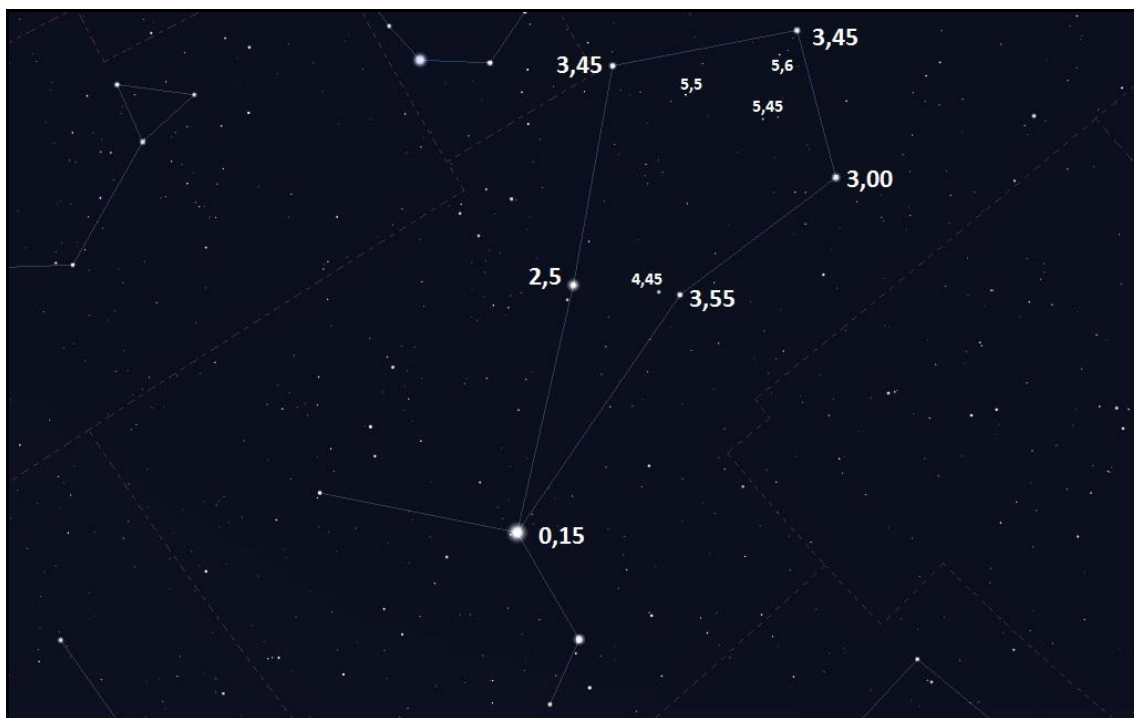
E, por último, consideramos que o Proxecto desenvolvido ten unha grande capacidade para provocar a concienciación e a reflexión sobre o tema tratado. Antes da realización deste traballo, non coñeciamos a inmensa repercusión da contaminación lumínica en ámbitos como a ecoloxía, a economía ou a saúde, sobre os cales buscamos información para a realización do traballo, nin eramos conscientes do seu alcance á hora de observar o ceo nocturno. Todos sabiamos que desde a cidade poden verse poucas estrelas, pero non

coñeciamos o enorme número de astros que non podemos ver cando, na noite, alzamos a cabeza ao ceo, debido á deficiencia da iluminación nocturna das prazas e rúas.

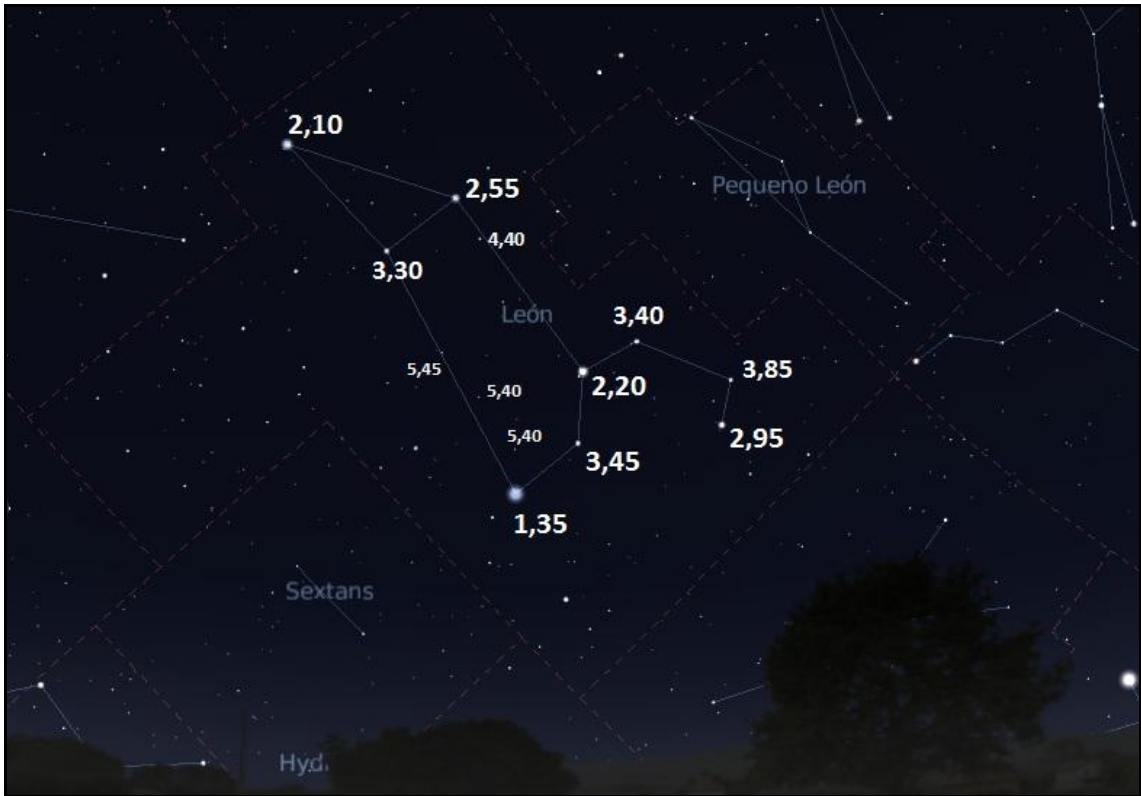
B) Aspectos mellorables:

Consideramos que a experiencia ten interese para que outros centros a repitan, pero hai certos aspectos mellorables nela que nos gustaría salienta. O xeito de levalo adiante estivo condicionado pola convocatoria do Concurso, que esixía un máximo de cinco persoas. Pero sen ese condicionante, propoñeríamos que os centros educativos a desenvolvesen e, para iso, sería desexable que se formasen varios grupos para que cada un deles puidese realizar as medicións nunha ou dúas zonas concretas, e que todas as medicións realizadas fosen simultáneas. Así, non interviría o factor da variación das condicións atmosféricas e de transparencia do ceo ao longo da noite. Ademais, acurtaría o tempo de duración da actividade, que pode ser importante se a actividade a desenvolvesen persoas de menos idade ca nós.

Empregamos a constelación de Bootes como calibrador porque esa noite atopábase alta, e tiñamos a seguridade de que sería visible desde todas as zonas de observación, pese aos obstáculos que nos atoparíamos, como edificios, árbores... Pero esta constelación presenta un problema á hora de funcionar como grupo de control estelar, e é que as súas estrelas teñen unha magnitude semellante; isto é, non hai unha graduación observable nos seus brillos. Sería interesante repetir a experiencia cunha constelación que si presentase esta graduación, é dicir, que estivese formada por estrelas de magnitudes ben diferenciadas, como, por exemplo, a constelación de Leo, que na noite que nós eliximos para realizar as observacións estaba baixa ao comezo da noite pero moi baixa ao final, motivo polo que a desbotamos.



A constelación de Bootes e as magnitudes aparentes das estrelas que a forman.



A constelación de Leo e as magnitudes aparentes das estrelas que a forman.