

Potovanje med ozvezdji južnega neba z GoChile

A Journey Among the Constellations of the Southern Sky

Damjan Kobale

Osnovna šola Hajdina

Izvleček

Z GoChile – pedagoško-raziskovalnim projektom Centra za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici in astronomske revije *Spika* – sem raziskoval in snemal objekte globokega vesolja na južni polobli ter posnel astrofotografije. Končne astrofotografije prikazujejo objekte globokega vesolja na južni polobli, in sicer kroglaste kopice, razsute kopice, refleksijske in emisijske meglice, planetarne meglice ter galaksije. Projekt GoChile je edinstven prav v tem, da učencem v osnovni šoli omogoča opazovanje objektov globokega vesolja na daljavo ob podpori učitelja.

V ta namen sem učencem pri izbirnem predmetu Zvezde in vesolje predstavil posamezne faze snemanja s teleskopom. Fotografije, ki jih učenec sam posname in izdela, so zanj neprecenljive. Tako pridobljeno znanje bogati mlade raziskovalce nočnega neba. Predstavljene astrofotografije sva posnela in obdelala avtor članka ter Nik Vintar, nadarjeni učenec iz 9. razreda OŠ Hajdina.

Ključne besede: slovenski teleskop v Čilu, daljinsko upravljanje teleskopa in opreme, astronomska opazovanja, objekti globokega vesolja, astrofotografija

Abstract

Through the GoChile pedagogical research project of the Faculty of Natural Sciences, Center for Astrophysics and Cosmology, University of Nova Gorica, and the astronomical magazine *Spika*, I have been researching and capturing deep sky objects in the southern hemisphere of the Earth and producing astrophotographs. The final astrophotographs depict deep sky objects in the southern hemisphere of the Earth, including globular clusters, open clusters, reflection and emission nebulae, planetary nebulae, and galaxies. The GoChile project is unique in that it allows primary school students to observe deep sky objects remotely with the support of a teacher. For this purpose, I introduced students in the elective subject Stars and Space to the various phases of telescope imaging. The photographs taken and processed by the students themselves are invaluable to them and enrich the knowledge of young researchers of the night sky. The presented astrophotographs were taken and processed by the author of the article and Nik Vintar, a talented 9th-grade student from Hajdina Primary School.

Keywords: Slovenian telescope in Chile, astronomical observations, remotely controlling telescope and equipment, deep sky object, astrophotography.

Uvod

GoChile je nekomercialni izobraževalni projekt, ki ga vodita Center za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici in astronomska revija *Spika* [1, 4]. Gre za prvi slovenski robotski teleskop, ki je nameščen v observatoriju El Sauce v puščavi Atakama v Čilu [2] ($-30,472^\circ$ južne zemljepisne širine, $-70,765^\circ$ zahodne zemljepisne dolžine) (slika 1).

Projekt GoChile predstavlja 400-milimetrski zrcalni teleskop GoT1 z goriščnim razmerjem $f/6,5$ in optičnim

sistemom tipa Ritchey-Chrétien ter na njem pritrjeni 72-milimetrski lečni teleskop GoT2 z goriščnim razmerjem $f/5,6$ (slika 2). Teleskopa sta krmiljena na daljavo in namenjena astronomskemu raziskovanju ter opazovanju južnega neba. Vsa opazovanja sem izvedel s teleskopom GoT1.

Namen raziskovanja s projektom GoChile je razvoj digitalnih kompetenc pri učencih ter spoznavanje prvih korakov raziskovalnega procesa pri astronomskem opazovanju objektov globokega vesolja na južni polobli.



Slika 1: Observatorij El Sauce v puščavi Atakama v Čilu.



Slika 2: Teleskopa GoT1 in GoT2 v puščavi Atakama v Čilu.

Teleskop GoT1 in vsa dodatna oprema, ki je nameščena v Čilu, sta avtomatizirana; to omogoča daljinsko upravljanje vseh operacij iz Slovenije in spremljanje opazovalnih razmer (vsenebna kamera, kamera observatorija, model oblačnosti, satelitska animacija vremenskih razmer, trenutno zvezdno nebo). Puščava Atakama s temnim nebom, minimalno zračno vlago in več kot tristo jasnimi nočmi na leto je izjemna lokacija [1].

Metoda raziskovalnega dela astrofotografije zajema več stopenj, in sicer:

- načrtovanje opazovanja,
- priprava teleskopa GoT1,
- snemanje s teleskopom GoT1,
- obdelava fotografij.

Načrtovanje opazovanja

Po uspešni rezervaciji termina se je treba na opazovanje pripraviti. Za to sem uporabil program Stellarium, s katerim sem izbral objekte, primerne za opazovanje [3].

V programu izberemo navpična zavijhka za nastavitev kraja ter datuma in časa načrtovanega opazovanja. Pri opazovanju s teleskopom projekta GoChile so namreč vidna ozvezdja južnega neba. Poiskal sem nekaj zanimivih objektov globokega vesolja, ki sem jih želel posneti in obdelati.

Predhodno je treba še preveriti trenutne vremenske razmere in napovedi v puščavi Atakama prek satelitskih radarskih slik, modela oblačnosti in vsenebne kamere na observatoriju.

Dostopno na spletnem naslovu:

<https://gochile.si/vreme-kamere-podatki>.

Priprava teleskopa GoT1

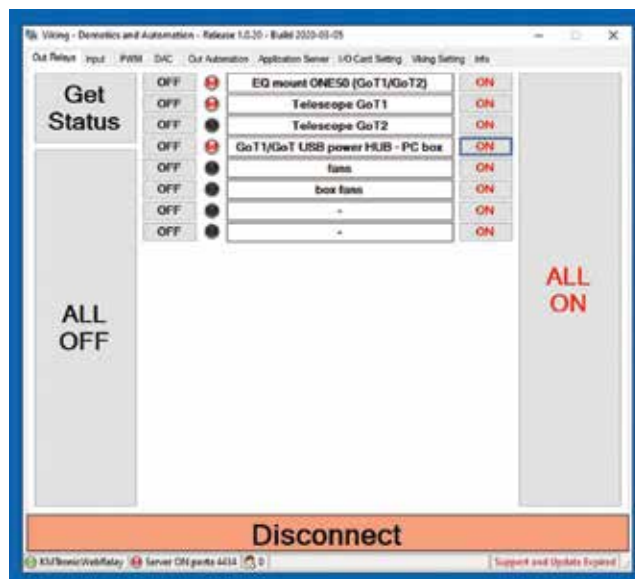
1. Prijava v nadzorni računalnik Vega

V nadzorni računalnik Vega se prijavimo v brezplačnem programu AnyDesk, ki si ga moramo namestiti na računalnik. ID za prijavo in geslo dobimo pri skrbniku.

2. Vklp teleskopa in kamer za snemanje ter vodenje na daljavo

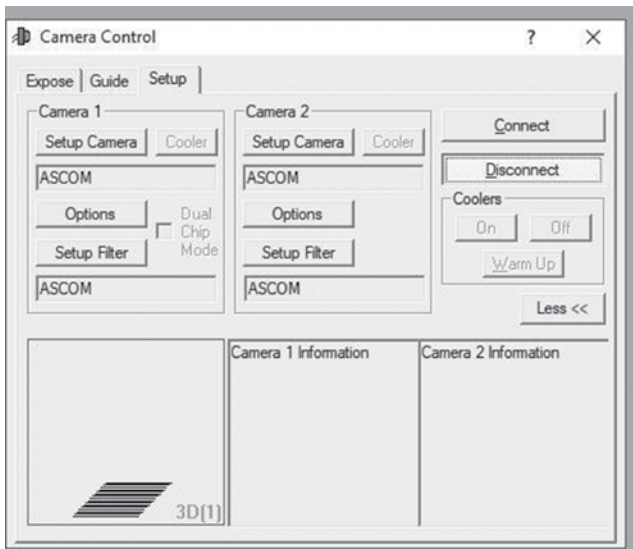
V programu Viking vklopimo teleskop GoT1 in vse naprave, ki so povezane z njim (slika 3).

V programu MaximDL izberemo kamero ASI6200 in ustrezno filtrsko kolo za teleskop GoT1 s sedmimi filtri. To so štirje širokopasovni filtri: L (luminance), ki prepušča spekter vidne svetlobe, R (red), ki prepušča rdečo svetlobo, G (green), ki prepušča zeleno svetlobo, B (blue), ki prepušča modro svetlobo, dva ozkopasovna filtra: H α , ki prepušča vodikovo Balmerjevo črto H α (656,28 nm), ter OIII (500,7 nm), ki prepušča dvakrat ionizirani kisik (amaterski astronomi ga označujejo kot O $_3$), zadnji pa je tako imenovani filter D, tj. temna ploščica, ki ne

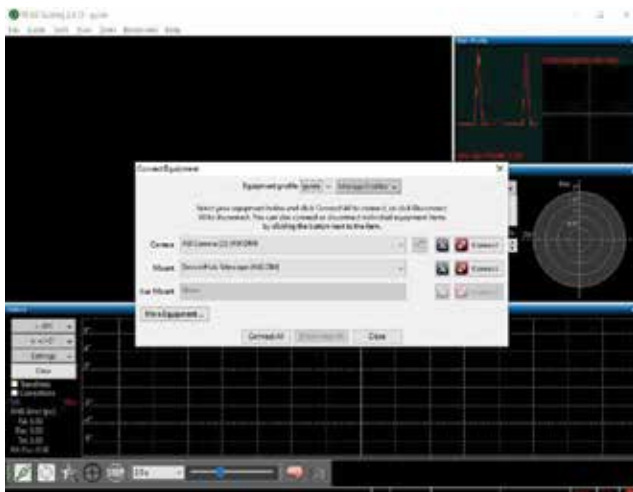


Slika 3: Vklp naprav za teleskop GoT1.

prepušča svetlobe (slika 4). Kamera za snemanje in filtersko kolo sta nameščena na teleskopu GoT1. V programu PHD Guiding izberemo še kamero ASI174 za natančnejše vodenje teleskopa prek izbrane zvezde vodnice. Tu je treba vpisati goriščno razdaljo teleskopa, tj. 2600 mm [5] (slika 5). Dostopno na spletnem naslovu: <https://gochile.si/navodila>.



Slika 4: Program MaximDL – nastavev kamere za snemanje in filterskega kolesa s sedmimi filtri za teleskop GoT1.



Slika 5: Vklp kamere ASI174 za natančnejše vodenje teleskopa v programu.

Snemanje s teleskopom GoT1

Pri snemanju na daljavo s teleskopom uporabljamo programe, ki nadzirajo premikanje teleskopa ter poiščejo in snemajo objekte. V programu Voyager (slika 6) opazujemo in snemamo posamezno sekvenco, tj. zaporedje ukazov izbranega objekta, zato najprej izberemo in aktiviramo ustrezen profil GoT1. Program poveže vse naprave iz predhodnih nastavev programov Maxim DL in PHD Guiding.

Pri snemanju vsake sekvence vnesemo v polje:

- ime objekta: npr. NGC 3372, sistem bo samodejno našel koordinate izbranega objekta;
- filtre: LRGBH α OIII;
- čas osvetlitve posnetka: 30 sekund ali 60 sekund;
- število posnetkov: 20 za posamezni filter.

Sekvenco lahko shranimo v ustrezno mapo na računalniku.

Kamero predhodno ohladimo na -10° C. Ko poženemo sekvenco, se prične snemanje na monokromatsko hlajeno kamero CMOS ASI6200MM Pro. Program samodejno krmili teleskop in ves čas imamo popoln pregled nad snemanjem prek komandnega in statusnega panela. V komandnem panelu so ročne komande, s katerimi upravljamo teleskop, rotator polja in fokuser. V statusnem panelu pa spremljamo povratne informacije o tem, kaj se z našim teleskopom ali sekvenco trenutno dogaja. Kontroliramo lahko koordinate, operacije, ki se izvajajo, podatke o fokusu, hlajenju kamere, snemanju signala kamere, začetku in predvidenem koncu sekvence, trenutku vzhoda, kulminacije in zahoda opazovanega objekta, začetku in koncu astronomske noči (slika 6).

Na koncu posnamemo še kalibracijske posnetke teme (DARK), ravnega polja (FLAT) in ničle (BIAS). Ničla korigira elektroniko, ker detektor pokaže naključen signal tudi takrat, ko ne snemamo. Tema korigira napako termičnega šuma, ker temperatura senzorja ni 0 K. Ravno polje pa korigira različno občutljivost točkovnih elementov na senzorju in nečistoče, ki se naberejo na optiki in kameri. Temo in ničlo posnamemo s filtrom D, tj. ploščico, ki ne prepušča svetlobe. Pri snemanju ravnega polja pa posnamemo nebo pred nočjo ali zjutraj za vsak filter posebej. Pri vseh treh vrstah kalibracijskih posnetkov naredimo po 20 slik, čas osvetlitve je pri ničli najmanjši (~ 0 s), pri temi enak kot pri snemanju posnetkov in pri ravnem polju pa tolikšen, da signal ni prešibek ali prenasičen [11].



Slika 6: Program Voyager za snemanje s teleskopom GoT1.

Obdelava posnetkov

Obdelava posnetkov je razdeljena na dva sklopa. S programom AstroPixel Processor [6] posnetke poravnamo

in združimo v eno samo sliko po posameznih filterih. Program PixInsight [7] pa posamezne signale LRGB združi v eno barvno fotografijo.

AstroPixelProcessor (APP) je specializirani program za obdelavo astrofotografij, ki ponuja številne funkcije za izboljšanje kakovosti astronomskih slik.

Obdelava posnetkov v programu Astro Pixel Processor poteka po posameznih fazah, in sicer:

1. **LOAD:** naložimo vse posnetke, ki smo jih posneli po posameznih filterih **LRGBH α OIII**.
2. **CALIBRATE:** naložimo kalibracijske posnetke teme, ničle in ravnega polja, da zmanjšamo šum.
3. **ANALYSE STAR:** detektira lego zvezd in analizira zvezde po posameznih filterih **LRGBH α OIII**. Slike nato razvrsti po kakovosti in izbere najboljše delež posnetkov, ki ga določimo.
4. **REGISTER:** poravna vse slike po posameznih filterih glede na položaje zvezd na referenčni sliki.
5. **NORMALIZE:** prilagodi svetlost in barvno ravnovesje vsem slikam po posameznih filterih.
6. **INTEGRATE:** združi vse poravnane posnetke v en sam posnetek po posameznih filterih **LRGBH α OIII**.

Sestavljeno sliko shranimo v formatu fits (slika 7).



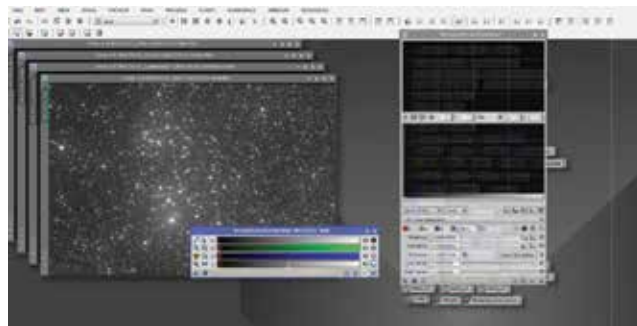
Slika 7: Obdelava razsute kopice Škatla draguljev v programu AstroPixelProcessor.

V zadnjem koraku vse sestavljene posnetke po posameznih filterih v formatu fits naložimo v program PixInsight [7–10]. PixInsight je platforma, prilagojena potrebam astronomov, in ponuja specializirana orodja za obdelavo astrofotografij [9]. Na voljo je za operacijske sisteme Linux, macOS in Windows. Pri obdelavi astrofotografij, kjer so podrobnosti pogosto skrite v šibkih signalih, uporabimo nelinearne algoritme, ki prilagodijo nivoje sivine na sliki v danem filteru na nelinearen način in tako prikažejo šibke strukture, ki so sicer očem nevidne (slika 8).

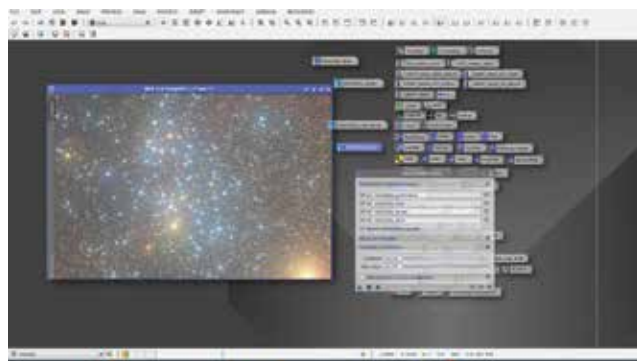
Funkcija LRGB [8] v PixInsightu je ključna za obdelavo astrofotografij, saj omogoča združevanje posameznih

barvnih signalov LRGB v sestavljeno barvno astrofotografijo. Uporabimo orodje LRGB Combination in ustvarimo barvno astrofotografijo (slika 9).

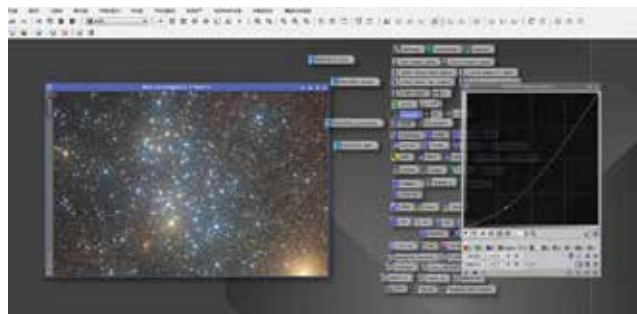
Z uporabo orodij Curves Transformation (CT) in Histogram Transformation (HT) pa prilagodimo svetlost, kontrast in barvno nasičenost sestavljene barvne fotografije [10] (slika 10).



Slika 8: Nelinearna transformacija nivojev sivine kopice Vodnjak želja (NGC3532) pri obdelavi fotografije LRGB.



Slika 9: Primer sestavljene barvne fotografije kopice Vodnjak želja (NGC2352) iz filtrov LRGB.



Slika 10: Prilagoditev svetlosti, kontrasta in barvne nasičenosti sestavljene barvne fotografije kopice Vodnjak želja (NGC 3532).

Objekti globokega vesolja

Učenec iz 9. a Osnovne šole Hajdina, Nik Vintar, je pri urah, ki so v razširjenem programu šole namenjene astronomiji, izbral objekte globokega vesolja, proučil njihove lastnosti, jih posnel s teleskopom GoT1 in obdelal v barvne astrofotografije. Predstavljeni sta po dve avtorski astrofotografiji učitelja in učenca.

Meglica Gredelj z oznako NGC 3372 (Carina Nebula)



Slika 11: Meglica Gredelj (NGC 3372), posneta 28. 1. 2023 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGBH α . Čas osvetlitve 30 sekund. (Foto: N. Vintar)

Meglica Gredelj, prikazana na sliki 11, je od nas oddaljena približno 8500 svetlobnih let. V meglici je več razsutih kopic z mladimi, vročimi zvezdami. Najslavnejša je nedvomno Eta Gredlja – sistem vsaj dveh zvezd, od katerih bo ena verjetno kmalu eksplodirala kot supernova.

Kopica Vodnjak želja z oznako NGC 3532 (Wishing Well Cluster)



Slika 12: Kopica Vodnjak želja (NGC 3532), posneta 19. 2. 2023 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 60 sekund. (Foto: N. Vintar)

Kopica Vodnjak želja, prikazana na sliki 12, je svetla razsuta kopica, ki se nahaja približno 1321 svetlobnih let daleč v južnem ozvezdju Gredelj. Kopica je sestavljena iz približno 400 zvezd, od katerih so mnoge dvojne zvezde. Najsvetlejšje so zvezde sedme magnitude. Ocenjena starost je približno 300 milijonov let, torej je srednje stara v primerjavi z drugimi odprtimi zvezdnimi kopici. Astronomi so v kopici zaznali sedem rdečih orjakinj in sedem belih pritlikavk.

Razsuta zvezdna kopica Škatla draguljev z oznako NGC 4755 (Jewel Box)



Slika 13: Škatla draguljev (NGC 4755), posneta 2. 12. 2021 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 60 sekund. (Foto: D. Kobale)

NGC 4755, prikazana na sliki 13, je razsuta zvezdna kopica v ozvezdju Južnega križa in spada med najmlajše znane razsute zvezdne kopice, saj je njena starost ocenjena na 14 milijonov let. Velika je približno 20 svetlobnih let in vsebuje nekaj več kot sto zvezd. Najsvetlejšje zvezde so nadorjakinje. Ena od osrednjih zvezd kopice je rdeča nadorjakinja in je obdana z masivnimi modrimi zvezdami. Te masivne mlade zvezde bodo najverjetneje v naslednjih nekaj milijonih let eksplodirale kot supernove.

Kentaver A z oznako NGC 5128 (Centaurus A)



Slika 14: Kentaver A (NGC 5128), posneta 26. 12. 2022 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 30 sekund. (Foto: D. Kobale)

Kentaver A, prikazan na sliki 14, je eliptična galaksija, oddaljena 11 milijonov svetlobnih let. Je najbližja galaksija z aktivnim galaktičnim jedrom: črna luknja, v katero bi lahko spravili milijardo Sonc, neprestano požira okoliško snov, pri tem pa v vesolje seva svetlobo v celotnem elektromagnetnem spektru (od radijskih valov do sevanja gama). Galaksija je rezultat trka dveh galaksij.

Zaključek

Projekt GoChile ima zame velik pomen pri raziskovanju vesolja in v kontekstu izobraževanja, saj poučujem izbirni predmet astronomija v vseh treh sklopih. Mladi si danes pri izbirnem predmetu astronomije želijo predvsem izvedbe astronomskih večerov in opazovanja s teleskopom. Projekt GoChile je edinstven prav v tem, da

učencem že v osnovni šoli omogoča opazovanje vesolja na daljavo ob podpori učitelja. Tako učenci pridobijo veliko izkušenj. Fotografije, ki jih učenec posname sam, so zanj neprecenljive in to znanje bogati mlade raziskovalce nočnega neba.

Veliko prednosti pri delu s teleskopom vidim v tem, da je vesolje mogoče opazovati praktično vsak dan v letu – nebo v puščavi Atakama, kjer stoji teleskop GoT1, ima 300 jasnih noči na leto in ugoden časovni termin. Observatorij El Sauce v Čilu je v časovnem pasu, kjer velja čilski standardni čas (Chile Standard Time CLT), ki je štiri ure za univerzalnim časom, UTC–4. Od septembra do aprila, ko je v veljavi čilski poletni čas (CLST), pa tri ure, UTC–3. Projekt GoChile priporočam vsem učiteljem, ki poučujejo astronomijo v osnovnih in srednjih šolah.

Viri in literatura

- [1] *GoChile, slovenski teleskop v Čilu*, Atakama: Univerza v Novi Gorici in astronomska revija *Spika*. Dostopno na spletnem naslovu: <https://gochile.si/> (14. 9. 2024).
- [2] Observatorij El Sauce, puščava Atakama v Čilu. Dostopno na spletnem naslovu: <https://help.telescope.live/hc/en-us/articles/360002577798-El-Sauce-Observatory-Chile-CHI> (14. 9. 2024).
- [3] Stellarium: odprtokodni astronomski program. Dostopno na spletnem naslovu: <https://stellarium.org/> (14. 9. 2024).
- [4] Mihelčič, M. (2020). Projekt GoChile. *Spika*, XXVII (7–8), 306–309.
- [5] Mihelčič, M. (2020). Slikovni sistem projekta GoChile. *Spika*, XXVIII (11), 488–491.
- [6] AstroPixelProcessor: astronomski program. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.astropixelprocessor.com/> (14. 9. 2024).
- [7] PixInsight: program za astrofotografijo, Puebla de Vallbona. Dostopno na spletnem naslovu: <https://pixinsight.com/> (14. 9. 2024).
- [8] PixInsight: Kombinacija LRGB. Dostopno na spletnem naslovu: https://www.theastrogeek.com/dark_sky_journal/pixinsight-lrgb-combine-tutorial (14. 9. 2024).
- [9] PixInsight: Skripti BlurXTerminator, StarXTerminator, NoiceXTerminator. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.rc-astro.com/> (14. 9. 2024).
- [10] Keller, Warren A. (2018). *Inside PixInsight*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- [11] Japelj, J. (2021). *Umerjanje astronomskih posnetkov*. Projekt GoChile.